Ueber

Pupillarbewegung.

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung

der

Doctorwürde

in der

Medicin, Chirurgie und Geburtshilfe

unter dem Präsidium

von

Dr. **Albrecht Nagel,**

o. ö. Professor und Vorstand der ophthalmiatrischen Klinik zu Tübingen

vorgelegt von

Sigmund Rembold,

approb. Arzt aus Leutkirch.

Tübingen, 1877.

Druck von Heinrich Laupp.

Seinem verehrten Vetter

Herrn

Dr. med. Otto Rembold,

o. ö. Professor und Vorstand der medicinischen Klinik
zu Graz

in Dankbarkeit gewidmet

vom Verfasser.

Das wundersame Spiel der Irisbewegung ist der Medicin wohl ebenso lange bekannt gewesen, als sie sich überhaupt mit der Betrachtung des Auges beschäftigt hat, und wirklich hat auch der Vater der Medicin, der von dem Verhalten des Auges auf das Verhalten des ganzen Körpers schliessen lehrte, schon gewusst, dass »*αἱ κόραι ἢ σμικρότεραι ἢ εὐρύτεραι.*« Auch am Krankenbett ist den Alten die Veränderung der Pupille nicht entgangen, wenn es auch in erster Linie die Beeinträchtigung des Sehens gewesen sein mag, welche zur Entdeckung des »malum, quo pupilla effunditur et dilatatur« (Celsus, de medicina VI. 6. 37) geführt haben mag.

Wie mit so Vielem begnügte man sich aber bei diesen Erscheinungen damit, sie beobachtet zu haben, über das Wie und Warum kümmerte man sich nicht viel. So mag denn wohl schon früher der Stand der Pupille mit zur Diagnostik in Betracht gezogen worden sein, aber wohl kaum anders als von dem Standpunkt aus, dass man ihm für eine besondere Krankheit ein eigenthümliches, aus der Erfahrung bekannt gewordenes Verhalten zuliess.

Das Wiedererwachen der Naturwissenschaft rief auch das Interesse für die Pupillarbewegung wach, und wie die Pilze schossen Erklärungen und Theorieen auf: Blutbewegung[1]), Contractilität des Zellgewebes[2]), vita propria[3]), Muskelkraft[4]) spielten nach einander die Hauptrolle in denselben. Aber noch zu Ende des vorigen Jahrhunderts muss es nicht allzu glänzend damit ausgesehen haben, wenn ein so bedeutender Naturforscher, wie Blumenbach[5]) den Klagruf ausstossen konnte: »Iridis motus-memorabile adeo phaenomenon, quod summorum physiologorum exercitavit industriam nondum exhaustum, quin adhuc multum in ea re explicandum, dubii et obscuri supersit.«

Da war es denn im Laufe unseres Jahrhunderts wohl an der Zeit, dass die Physiologie mit all ihren verbesserten und ausgedehnteren Kenntnissen und Hilfsmitteln energisch die Hand anlegte, um endlich für Erscheinungen, die jedem Laien bekannt sind, eine den Verstand befriedigende Erklärung abgeben und so die Aufforderung und den Wunsch E. H. Webers[6]) der Wirklichkeit zuführen zu können, die Aufforderung: »Nostrum igitur est, egregia occasione in oculo nobis oblata multa videndi et observandi, quae alias recondita sunt, uti et uberrimos fructus inde carpere.« In der

1) Haller, Scarpa etc.

2) Bichat, Dömling u. a.

3) Blumenbach.

4) Das allgemein Angenommene seit Weber.

5) De oculis Leucaethiopum Commentationes etc. Göttingen 1786.

6) Programma etc. Summam doctrinae de motu iridis continens Lipsiae 1851.

That, vergleicht man den Inhalt seiner »Summa doctrinae de motu iridis« — so hat er mit Recht seine Schrift betitelt, wenn man unter Summa den Inbegriff alles damals hierüber Bekannten versteht — mit dem Facit des jetzt bekannten, so darf man sich gestehen, dass das letzte, seitdem dahingezogene Vierteljahrhundert keine verächtlichen Fortschritte gemacht und es in der Erkenntniss von Wesen und Ursachen der Pupillarbewegung um ein gut Stück weiter gebracht hat. Freilich, wenn man wieder bedenkt, dass noch so Manches aussteht, um unsere Erklärungen über allen Streit und Zweifel erhaben zu machen, muss man sich auch seinen Faust wieder gefallen lassen, wenn er spöttisch meint: »O ja, bis an die Sterne weit!« Doch da halten wir uns an das alte Wort: Gutta cavat lapidem, non vi, sed saepe cadendo!« und wissen dann wohl, dass des Steines Kern endlich doch zu Tage treten muss.

Dass wir wirklich auf dem rechten Wege zu diesem Kerne sind, das beweist die Eine Thatsache, dass es unmöglich geworden ist, sich mit den pathologischen Erscheinungen an der Pupilla zu beschäftigen, ohne den physiologischen Thatsachen in ausgedehntester Weise Rechnung zu tragen; denn die Sonne der experimentellen Physiologie ist es gewesen, welche den Nebel grossentheils zerstreut hat, der dicht genug über den Pupillarerscheinungen lag, und deren Strahl uns so Manches in vielfacher Klarheit zeigt, was vor einem halben Jahrhundert kaum die kühnste Phantasie zu ahnen wagte.

Aufgabe der folgenden Blätter soll es sein, die

Bausteine, welche die Physiologie im grossen Steinbruch der Natur gebrochen hat, zu sammeln, und den Versuch zu machen, sie zu einem gegliederten Ganzen zu fügen, das uns eine Erklärung aller Erscheinungen der Irisbewegung bietet.

A. Anatomische Vorbemerkungen.

Die Durchsichtigkeit der Cornea erlaubt uns, was sonst am Körper nur mit Hilfe mehr oder weniger complicirter Instrumente möglich ist, nemlich am Lebenden über die gröbern anatomischen und physiologischen Verhältnisse eines der Körperoberfläche entrückten Organes Beobachtungen anzustellen. So sehen wir als Boden des deutlich zu erkennenden Hohlraums, dem die Anatomie den Namen der vordern Augenkammer zuweist, einen mit verschiedenem Colorit ausgezeichneten Ring, die Iris, und in seiner Mitte ein rundes schwarzes Loch, die Pupille. Die Breite der Iris sehen wir einem häufigen Wechsel unterworfen, der zugleich die Flächenausdehnung der Pupille mit jener Veränderlichkeit begabt, welcher wohl die Mannichfaltigkeit der Angaben über ihre wahre Grösse zuzuschreiben ist. Ausserdem muss berücksichtigt werden, dass die Strahlen, welche vom Innern des Auges zu unserer Wahrnehmung gelangen, beim Uebergang aus dem dichtern Medium (vorderes Kammerwasser und Cornea) in das dünnere (Luft) eine nicht einflusslose Brechung in dem Sinne erfahren, dass die Pupille dem Beobachter weiter erscheint, als sie in der That ist. Eine einfache physikalisch-mathematische Construktion vermag das klar zu legen:

Die Trennungsfläche der Cornea nach der Luft zu

können wir durch einen Kreis ausdrücken und diesen, da die Brechung zwischen Humor aqueus und Cornea wegen des geringen relativen Brechungscoëfficienten dieser beiden Medien (1,33 : 1,34) ausser Acht gelassen werden kann, als die Begrenzungsfläche zwischen dem dichtern Medium C (= Cornea plus Kammerwasser) und dem dünnern L (= Luft) in die Construktion einführen. Es sei bei P der Pupillarrand, so kann man den von ihm ausgehenden Strahl PR beliebig zeichnen, so dass seine Richtung mit der Augenaxe AA, parallel ist oder mit ihr einen Winkel mache, sei es nun innerhalb des Kreises oder ausserhalb derselben. In jedem Falle (der verschieden ist nach der Stellung des Beobachters, ob er nämlich in der Richtung der Augenaxe oder schräg von Oben respective Unten die Iris betrachtet) erfährt der Strahl PR am Durchtrittspunkt D folgende Brechung: das Einfallsloth wird dargestellt durch den Radius AD, dessen Verlängerung DL das Ausfallsloth ist, während die darauf senkrechte Tangente TT, der Richtung der Kreislinien im Punkt D und damit der Brechungsebene entspricht. Nach dem Brechungsgesetz geht ein Strahl, im dünnen Medium angekommen, in der Weise weiter, dass er vom Einfallsloth abgelenkt wird, und zwar verhält sich dann der Sinus des durch diese Ablenkung entstandenen grössern Ausfallswinkels zum Einfallswinkel, wie der Brechungscoëfficient des dichtern Mediums zu dem des dünnern, d. h. in unserm Fall

$$\text{Sin. } \gamma \beta : \text{Sin. } \gamma a = \text{Coëff. C} : \text{Coëff. L}$$
$$= 1{,}33 \quad : \quad 1$$

Verlängert man nun den Winkelschenkel R, D gegen die Pupillarebene zu nach P,, so stellt R, D den

Strahlengang nach der Brechung dar, während seine Verlängerung DP die scheinbare Richtung innerhalb des Auges ist, welche die Irisebene aber nicht am Pupillarrand, sondern mehr gegen die Peripherie zu trifft, weshalb uns jener weiter nach Aussen liegend erscheint, als er in der That ist.

Wenn deshallb absolut genaue Messungen angestellt werden sollen, so muss dafür gesorgt werden, dass der Strahl PD in seiner geraden Richtung RD weitergehe und uns nicht durch seine Ablenkung R, D die falsche Richtung DP, vortäusche. Dies geschieht einfach dadurch, dass man die Brechungsursache, die Differenz der Medien, beseitigt, am Einfachsten durch Messen unter dem Wasser, welches beinahe den gleichen Brechungscoëfficienten besitzt wie die Cornea (1,336) [1]). Trotzdem verirren auch nach solchen Messungen die Angaben, wohl deswegen, weil sie hauptsächlich an todten Augen vorgenommen wurden, welche, wie wir später sehen werden, keineswegs immer den normalen Mittelstand der Pupillenweite zur Darstellung bringen. Während so Vierordt [2]) 6 mm. Durchmesser angibt, lässt ihr Luschka [3]), in den meisten Fällen nur 3 mm. zukommen, Budge [4]) gibt ihr einen Durchmesser von 5,33—7 mm., Henle [5]) einen solchen von 3—6 mm.

1) Auf dem gleichen Prinzip beruht das für Messungen am Lebenden construirte Orthoskop.

2) Vierordt, Grundriss des Physiologie des Menschen. IV. Aufl. S. 345.

3) Luschka, Anatomie des Menschen, III. Bd. 2. Abth. S. 412.

4) Ueber die Bewegungen der Iris. Braunschweig 1855.

5) Bei Gräfe und Sämisch, Lehrbuch der Augenheilkunde. I. Bd. I. Theil. Leipzig 1871. p. 30.

Im Grossen und Ganzen haben diese Messungen schon der Schwankungen halber keinen grossen Werth, welche die mittlere Pupillenweite bei verschiedenen Individuen sowohl, als auch bei einem und demselben Individuum erleidet, wie es denn z. B. bekannt ist, dass die Pupille im Alter enger wird. Anders ist es, wenn es sich um vergleichende Messungen handelt, bei denen nicht der absolute Werth der gefundenen Zahl, sondern deren Relation zu andern gefundenen Werthen von Interesse ist, wie z. B. das Verhältniss der Weite einer und derselben Pupille im Licht, bei der Accommodation u. s. w. zu derjenigen, wo solche Bedingungen zur Verengerung fehlen. Es versteht sich dann von selbst, dass Fehler, wie die durch die Brechung hervorgerufenen, nicht von Belang sind, weil sie bei allen Messungen annähernd dieselben bleiben.

Ebenso wechselnd, wie die Pupillengrösse, ist im Leben natürlich auch die Breite des Irisringes, welche übrigens auch so schon nicht in allen Theilen die gleiche ist, indem die Pupille nicht genau central, sondern etwa um den 6. Theil ihres Durchmessers[1]) ($^1/_5$''' nach Arlt[2]) nach der Nasenseite zu die Iris durchbohrt. Budge[3]) gibt gegen die Nase 3,3—3,6 mm., nach der Schläfe 4,8—4,5 mm. als Mittelmass beim Menschen an, während man nach Luschka[4] 5,5 mm. für die Leiche anzunehmen hätte:

---

1) Merkel, bei Gräfe und Sämisch l. c. S. 30.

2) Arlt, die Krankheiten des Auges, Prag 1854, II. Bd., IV. Buch, S. 23.

3) l. c. S. 11.

4) l. c.

In dieser Ausdehnung bedeckt die Iris die dahinter liegende Linse, bis sie nach Aussen durch das Umschlagen ihres vordern Epithels in dasjenige der Descemet'schen Haut[1]) und durch ein Netzwerk von Bindegewebsbalken[2]) das ligamentum pectinatum bildet, wodurch sie an die Cornea festgeheftet ist, während sie dahinter ohne Grenze in das Gewebe der processus ciliares, sowie die Bedeckung des Musculus ciliaris übergeht. Von den Ciliarfortsätzen her erhält die Iris auch ihre hintere Pigmentepithellage, die sich bis zum Pupillarrand erstreckt und diesen, wie man sich am eigenen Auge, sehr deutlich an kataraktösen Augen überzeugt, mit einem Saume versieht. Ob unter ihr gegen das Stroma hin eine glashelle Begrenzungsmembran ist (Fortsetzung der Membrana limitans Pacini), wie Hyrtl[3]), und Huschke meinen und Schwalbe[4]) nachweist, oder ob dieses vermeintliche Häutchen Nichts ist als die vereinten Zellenwandungen (Kölliker) oder die Kittgrenze dieser Zellen (Henle)[5]) mag dahingestellt bleiben, wie auch die verschiedenen Angaben über vorderes Epithel für unsere Zwecke weder von Belang noch auch nur von Interesse sind.

---

1) Budge l. c. S. 11. Rüte, Lehrbuch der Ophthalmologie, II. Aufl. I. Bd. S. 90. Hyrtl, Lehrbuch der Anatomie des Menschen XII. Aufl., S. 548 und Handbuch der topograph. Anat. VI. Aufl., I. Bd., S. 233. Gräfe und Sämisch l. c. 3 Capitel von Iwanoff und Arnold S. 281 ff. lassen es dahingestellt sein.

2) Merkl l. c. S. 28.

3) Hyrtl, l. c. S. 550 u. 555.

4) Nach Nagel's Jahresbericht über die Leistungen und Fortschritte im Gebiet der Ophthalmologie, I. Jahrgang 1870 S. 42.

5) Iwanoff bei Gräfe und Sämisch l. c.

Von grösstem Belang ist die Construktion des Parenchyms der Iris, weil in ihm die Bedingungen ihrer Bewegung in erster Linie vorhanden sein müssen. Nach allgemein übereinstimmenden Angaben bilden die Blutgefässe den weitaus überwiegenden Bestandtheil desselben; sie stammen aus den zwei Arteriae ciliares posticae longae und 5—6 Art. ciliar. anticae, welche zum Circulus iridis major zusammenfliessen, aus welchem seine Zweige gegen den Pupillarrand ziehen, um dort abermals einen Gefässkranz zu bilden, welcher der Grenze zwischen den von vorn sichtbaren zwei Hauptkreisen der Iris entspricht. Von ihm aus gehen wieder radiäre Aeste zum Pupillarrand, wo sie Bögen bilden und sich in Capillaren auflösen. Die Venen[1]) sollen nach Budge mit den Arterien verlaufen, nach Luschka, Arlt, Hyrtl u. a. geschieht die Ableitung des Blutes durch Venen, die nach Hinten vom Arteriennetz liegend auf den Kämmen der Ciliarfortsätze in die Vasa verticosa übergehen.

Das zwischen den Gefässen liegende Bindegewebe ist ganz besonders locker, besteht aus Bindegewebsfibrillen und verästigten Zellen, begleitet in Bündeln die Gefässe und verläuft ausserdem zwischen diesen vorwiegend in radiärer Richtung. Nach Vorn und Hinten zu liegt nach Merkel[2]) eine aus festem Bindegewebe bestehende Platte, welche hinten eine radiäre Anordnung der Fasern zeigt, während die vordere weder ausgeprägt circulären noch radiären Bau besitzt. Die hellen, wellenförmigen Fasern des sogenannten äussern

1) theilweise ohne zwischenliegendes Capillargebiet, direkt aus den Arterien hervorgehend.

2) l. c. S. 28.

Irisringes, sowie die parallelen, centripetalen des kleinen innern, welche man durch die Cornea sieht, können daher nicht dem Bindegewebe der Iris entsprechen, sondern es sind die Gefässe, die nur desshalb eine so helle, in lichten Augen fast weisse Farbe besitzen, weil ihre äusserst dicken Wandungen das dunkle Blut nicht durchscheinen lassen; ganz besonders dick ist nach Henle die Adventitia, dicker als die beiden andern Häute zusammen.

Die Muskulatur der Iris ist noch immer strittig: Uebereinstimmung unter den Anatomen herrscht nur über die Existenz eines Sphinkter, welcher kreisförmig um den Pupillarrand der Iris herumlaufend einen 0,8 bis 1 mm. breiten Muskelring von 0,07 bis 0,1 mm. Dicke am Pupillarrand und 0,25 nach Aussen darstellt. Nach der Pupille zu erreicht er fast den freien Rand, seine Lage ist hinter den Gefässen dicht unter der hintern Irisfläche, so dass er von der Uvea (Pigmentstratum) nur durch eine dünne Bindegewebsschicht und die gleich zu beschreibenden Dilatatorfasern getrennt ist. Er besteht aus schlanken Muskelzellen, die in platten, ziemlich zusammengedrängten Bündeln angeordnet sind; die Richtung ihres Verlaufs ist parallel dem Pupillarrande.

Die Existenz eines Dilatator wird den vorliegenden anatomischen Thatsachen nach kaum mehr anzuzweifeln sein. Es war Grünhagens Verdienst, durch fortwährenden Widerspruch neue Untersuchungen angeregt zu haben über die vagen und vielfach sich widersprechenden oder nur von Thieruntersuchungen stammenden Beschreibungen eines Dilatator, wie sie bei

Kölliker[1]) (der Muskel soll in einzelnen dünnen Bündeln zwischen den Gefässen verlaufen), Henle[2]) (beschreibt eine Faserlage an der hintern Fläche), Luschka[3]) (radiäre Faserzüge, die den grössern Gefässen adjungirt sind, und dazu noch eine zusammenhängende Lage kurzer heller Spindelkörperchen dicht unter der Pigmentschichte), Huttenberger, Merkel, Dogiel[4]) u. s. w. sich finden. Entscheidend scheinen mir die Arbeiten von Jeropheef[5]) und die zweite Arbeit von Merkel[6]) zu sein, wo die beiden Autoren völlig übereinstimmend den Dilatator in folgender Weise schildern: Der Muskel ist eine ununterbrochene Fortsetzung der Sphinkterbündel. Sein Anfang besteht aus bogenförmig verflochtenen Büscheln, die theils im Innern des Sphinkter, theils an seiner hintern Oberfläche zwischen ihr und der Pigmentschicht liegen. Diese Bündel vereinigen sich zu einer zusammenhängenden Platte, deren Fasern alle parallel zum Ciliarrand ziehen. $^1/_2$ mm. von seinem Ciliarrand theilt sich der Muskel in einzelne Bündel, welche durch bogenförmiges Umbiegen einen circulären dünnen Muskelplexus bilden. Die Formbestandtheile des Muskels sind 3—4fach geschichtete, mit länglichen Kernen versehene Faserzellen.

Grünhagen hält seine alten Einsprüche auch gegen

1) Kölliker, Handbuch der Gewebelehre, 1867. § 667.

2) Henle, Handbuch der systemat. Anatomie des Menschen. Bd. II. S. 635.

3) l. c. S. 416.

4) s. Iwanoff l. c. S. 281 ff. Nagels I. B. I S. 42.

5) Nagels I. B. II. S. 45.

6) Merkel, die Muskulatur der menschlichen Iris. Gratulationsschrift. Rostock 1873.

diese Ergebnisse aufrecht; während er Jeropheef gegenüber noch dessen faktische Angaben in Zweifel zieht und behauptet, man könne die von ihm beschriebene Membran in grossen Strecken aufheben ohne Spur eines Kernes, gibt er den Untersuchungen Merkel gegenüber die Richtigkeit von dessen Beschreibung zu, beharrt aber dennoch auf seiner Behauptung, das Beschriebene sei Bindegewebe, nicht Muskel.

Eine absolut sichere Entscheidung darüber zu treffen, müsste man allerdings dem Physiologen überlassen, indem der Nachweis zu führen wäre, dass die Substanz dieser Spindelzellen nicht bloss Elasticität, sondern auch Contractilität besitze. Sollte aber denn wirklich die mikroskopische Anatomie in ihren Forschungen noch nicht so weit gekommen sein, um schon aus den morphologischen Verhältnissen allein die sichere Behauptung, ob Etwas Muskel sei oder nicht, aufstellen zu können? In der That wäre es seltsam genug, wenn Formelemente, welchen man an andern Orten unbestritten die Funktion von Muskeln anweist, in den Radiärfasern der Iris nur der Aufgabe einer elastischen Membran vorstehen sollten. Ich muss gestehen, dass mir die prächtigen, in's kleinste Detail ausgeführten Abbildungen Merkels zu sehr imponiren, als dass ich an der Existenz von Radiärmuskelfasern in der beschriebenen Weise fernerhin zweifeln möchte. Ob sie nach althergebrachtem Dogma den Namen Dilatator verdienen, ist eine andere Frage, deren Entscheidung an dieser Stelle noch dahingestellt bleiben muss.

Die Nerven der Iris entstammen dem Orbiculus gangliosus des Strahlenrings, welcher durch die reich-

liche Verflechtung der Aeste von den Nervi ciliares longi des Ramus nasociliaris trigemini und den Nn. ciliar. breves vom Ganglion ophthalmicum gebildet wird. In diesem Ciliargeflecht befinden sich Ganglienzellen und knotige Anschwellungen an den Primitivfasern, welche ein rundlich-ovales Körperchen zur Grundlage haben [1]). Von diesem Geflecht aus treten die Nerven zur Iris, theilen sich in ihr dichotomisch, bilden Bogen und dann ein Netzwerk von Nervenästen mittlerer Grösse mit Faseraustausch. Aus diesem Netzwerk gehen dreierlei Arten von Fibrillen hervor: blosse Fasern (Sympathicus?) mit der Richtung zur hintern Fläche, wo sie ein feines Netzwerk bilden, dann markhaltige zur vordern, wo ebenfalls ein dichtes Netz feiner Nervenfasern liegt, und endlich findet sich im Gebiete des Sphincter, ein Plexus ungemein zarter Fäden, an welchen sich Knotenpunkte mit deutlichen Kernen bemerkbar machen [2]).

Die Gesammtheit der beschriebenen, die Iris constituirenden Bestandtheile stellt ein weiches, lockeres Gebilde dar, welches nur in der Umgebung der Pupille grössere Festigkeit zeigt. Seine Dehnbarkeit ist nach Arlt [3]), so gross, dass es bis auf die doppelte Dimension und darüber ausgedehnt werden kann. —

Von dem grössten Interesse nun ist es noch, um den physiologischen Zusammenhang der Pupillarerschei-

---

1) H. Müller bei Luschka l. c. S. 412.

2) Arnold, Archiv für pathologische Anatomie, Bd. XXVII, S. 365. Iwaneff l. c. S. 285.

3) l. c. S. 26.

nungen mit der Circulation des Blutes einerseits und dem Centralnervensystem andererseits zu würdigen, diejenigen in die Iris eingebetteten Bestandtheile, welche zwischen ihr und dort eine Communikation herstellen, in ihrem Verlauf und Ursprung zu verfolgen, nemlich die Gefässe und die Nerven.

Es ist von Wichtigkeit, zur Notiz zu nehmen, dass die Gefässe der Iris sämmtlich aus der Arteria ophthalmica stammen, indem nicht bloss die Art. ciliar. posticae longae, sondern auch die ciliar. anticae durch die Muskeläste und die Art. lacrymalis mit jener in Zusammenhang stehen. All ihr Blut erhält also die Iris aus dem Gebiete der Carotis interna und muss dasselbe, ehe es zu ihr gelangt, stets die Schädelhöhle vom foramen caroticum bis zum foramen opticum passieren.

Das venöse Blut der Iris findet seinen Abfluss ebenfalls in die Schädelhöhle. Die Venen münden in die Vasa verticosa, welche durch die Ciliarvenen zur Vena ophthalmica und dadurch in den Sinus cavernosus (durch die fissura orbitalis superior) ihr Blut entleeren. Die Annahme von Brücke, Sappey u. A., dass ein Theil der Venen in den Schlemmischen Kanal (daher Circulus venosus iridis genannt) münde, wird von neueren Anatomen bestritten, indem namentlich Luschka [1]) jenen Venenplexus nur als eine Communikationsbahn zwischen den Venen des Ciliarmuskels und denen der Sclerotica ansieht.

Unter den Nerven des Auges interessiren uns in

---

1) l. c. 415.

erster Linie diejenigen, welche in der Iris sich verästeln, aus physiologischen Gründen aber auch der Opticus.

Wie wir schon gesehen, entstammen die meisten Nerven der Iris dem Ganglion ciliare, das drei Wurzeln empfängt: Die radix brevis vom Oculomotorius, die radix longa vom Nasociliaris, die radix media vom Plexus caroticus. Die Bestandtheile dieser Wurzeln lösen sich im Knoten zu einem Geflecht auf, in das vorzugsweise unipolare Ganglienzellen eingestreut sind, deren Ausläufer mit den austretenden Zweigen weiterziehen.

Den Ursprung des Oculomotorius [1]) verlegt das Mikroskop an den Boden des Aquaeductus Sylvii, wobei ausdrücklich nur das hervorgehoben werden soll, dass eine Kreuzung seiner Fasern in der Mittellinie noch nicht nachgewiesen ist.

Für den Trigeminus, welcher neuerdings wieder (von Grünhagen [2]) für die Irisbewegung als aktiv betheiligt in Anspruch genommen worden ist, hat man zwei Ursprungsstellen gefunden: am Boden des IV. Ventrikels und im vordern Vierhügelpaar. Von Wichtigkeit ist die Bildung des Gasserschen Knotens im recessus Meckelii, da dieses nach Luschka zahlreiche

---

1) Sehr genaue Angaben über den Ursprung und Verlauf der fraglichen Nerven findet man bei Merkel im Gräfe und Sämisch'schen Sammelwerk S. 134 ff.

2) Ueber das Verhalten isolirter glatter Muskeln bei electrischer Reizung. Von Grünhagen und Samkowy. Pflügers Archiv f. Physiologie, Bd. X, p. 172.

unipolare Ganglienzellen enthält, deren Ausläufer sich den ursprünglichen Trigeminusfasern beigesellen.

Der Plexus caroticus sendet zu allen den Nerven, welche den Sinus cavernosus passieren (III., 1. Ast des V., VI.), Verbindungszweige, wie er auch die mediane Wurzel des Ganglion ciliare abgiebt. Der plexus carot. internus ist eine unmittelbare Fortsetzung vom obern Ende des Ganglion supremum sympathici. Speziell die zum Auge gehenden Zweige anatomisch zu verfolgen, ist natürlich nicht möglich. Man muss eben annehmen, dass sie mit den andern Fasern ihren Verlauf nehmen, während ihr Ursprung nicht festgestellt werden kann. Anatomischerseits muss nach dieser Richtung hin jede Möglichkeit zugestanden werden und dahin gestellt bleiben, ob diese Fasern aus den Ganglienzellen der Halsknoten oder den Rückenmarksganglien oder der grauen Substanz des Rückenmarks selbst entspringen oder gar auch diese bloss durchsetzen und noch weiter centralwärts ihren Ursprung nehmen.

Der Opticus entspringt bekanntlich mit zwei Wurzeln aus den corpora geniculata, um dann sofort durch Vereinigung der beiden Tractus das Chiasma zu bilden. Es ist in neuester Zeit viel über die Frage: theilweise oder völlige Kreuzung? gestritten worden, und was physiologische und pathologische Beobachtungen wahrscheinlich machten, von bedeutenden Anatomen entschieden in Abrede gezogen worden [1]). Dem gegen-

1) Biesiadecki in J. Moleschott, Untersuchungen zur Naturgeschichte des Menschen und der Thiere, Bd. VIII, S. 156. In neuester Zeit: Mandelstamm und wiederholt Michel, cfr. Nagels J. B. IV. S. 58 ff.

über stehen die entschiedenen Angaben anderer Anatomen, ganz besonders aber die Untersuchungen von Gudden [1]), welcher nach centralen oder peripherischen Opticusdurchschneidungen eine ausgesprochene Atrophie der Nervenfasern im Sinne der Semidecussation nachwies. Es ist möglich, dass durch die anatomischen Ergebnisse die Semidecussation noch nicht sicher gestellt ist; bei den physiologischen Bemerkungen werde ich des Nähern darauf zurückkommen.

B. Die Physiologie der Irisbewegung.

1) Die Erscheinungen bei der Irisbewegung im Allgemeinen.

Wir sehen am gesunden Menschen und Thier unter verschiedenen Bedingungen die Flächenausdehnung der Pupille einem steten Wechsel unterworfen, verbunden mit einer, nur in umgekehrtem Sinne stattfindenden Grössenveränderung der Iris. Bei genauer Betrachtung überzeugen wir uns, dass die Bewegung der Letztern angehört, indem sich ihr Gewebe bald retrahirt, bald wieder gegen den Mittelpunkt des Sehlochs vorschiebt; die Verkleinerung betrifft dabei nicht etwa bloss ihr Pupillarende, sondern auch den äussern Ring, indem man sieht, wie bei Pupillarcontraction die darin befindlichen Gefässe aus ihrem geschlängelten Verlauf in eine mehr gerade Richtung gebracht werden. Die Bemerkung Iwanoff's [2]), dass bei der Erweiterung der Pupille ihr durch die Verengerung sichtbar gewordener Uvealsaum zuerst verschwinde, wird man bei öfterer Betrachtung vielfach bestätigt finden.

1) Archiv für Ophthalmologie, Bd. XX, 2. S. 249.
2) l. c. S. 281.

Was die Iris durch ihre Contraction an Flächenausdehnung verliert, mag sie in geringen Graden vielleicht an Dicke gewinnen, in den höchsten Graden kann das keinesfalls als möglich zugestanden werden. Es sei die mittlere, normale Dicke der Iris 0,3 mm.[1]) = d, der Radius derselben d. h. der Radius vom Mittelpunkt der Pupille bis zum ligamentum pectinatum 6,5 mm. = R, der Pupillenradius bei mittlerer Pupillarweite 2 mm. = r, der Pupillenradius bei stark erweiterter Pupille 5,5 mm. = r, so kann man ausrechnen wie dick in letzterm Falle die Iris werden müsste, wenn bei der durch die Pupillenerweiterung bedingten Flächenänderung keine Veränderung ihres Gesammtrauminhaltes eintreten würde[2]). Nach der in der Anmerkung stehenden Rechnung würde die Ausdehnung in die Tiefe von Vorn

---

1) Merkel l. c. S. 28.

2) Der Kreis rad AB = r sei die mittlere Pupillenweite,
„ „ „ AC = r, „ „ mydriat. „
„ „ „ AD = R „ der Flächeninhalt von Pupille plus Iris.

Dann hat man Kreis rad AD minus dem „ rad AB ist die normale Iris, d. h. die Iris ist = $(R^2-r^2)\,\pi$ (da der Inhalt eines Kreises gleich dem Quadrat seines Radius mal der constanten Zahl π ist). Die Fläche der mydriatischen Iris aber ist Kreis rad AD minus Kreis rad AC, d. h. = $(R^2-r,^2)\,\pi$. Der Raumgehalt der normalen Iris ist, wenn d ihre Dicke ausdrückt = $(H_2-r^2)\,\pi d$. Setzt man die Dicke in der Mydriasis = d, und nimmt man an, dass in beiden Fällen der Raumgehalt der Iris gleichbliebe, so hätte man

$$(R^2-r,^2)\,\pi d, = (R^2-r^2)\,\pi d \text{ d. h.}$$

$$d, = \frac{(R^2-r^2)\,\pi d}{(R^2-r,^2)\,\pi} = \frac{(R^2-r^2)\,d}{R^2-r,^2} \quad \text{oder bei}$$

Einführungen von Zahlen $= \frac{([6{,}5]^2-2^2)\,0{,}3}{([6{,}5]^2-[5{,}5]^2)} = 0{,}956.$

nach Hinten nicht weniger als 0,956 mm. betragen, also eine Zunahme um mehr als das Dreifache; und doch sehen wir, soweit das Augenmass hinreicht, und solche Unterschiede würde auch dieses sicherlich erkennen, eher das Gegentheil einer solch beträchtlichen Dickenzunahme, selbst bei voller Mydriase.

Die Excursionsbreite der Pupillenbewegung ist sehr vielen individuellen Schwankungen unterworfen, ebenso wie die Schnelligkeit derselben. Sie beruhen zum Theil auf Veränderungen im Gewebe der Iris, wie bei der Verringerung der Pupillarexcursion nach Schnelligkeit und Ausdehnung im höhern Alter, oder auf Accomodationsanomalieen oder auch auf angebornen individuellen Eigenthümlichkeiten, wie z. B. Menge des Pigments, Empfindlichkeit der Netzhaut u. s. w. Die höchsten Grade der Pupillenenge (Myosis) und Weite (Mydriasis) beobachtet man nur unter krankhaften oder künstlich gesetzten Bedingungen, ebenso auch eine auffallende Trägheit der Bewegung.

C. Innervationsbahn für die Irisbewegung.

a) Oculomotorius und Opticus.

Es unterliegt keinem Zweifel, dass die Contraction des Sphincter es ist, welche die Pupille enger macht, und es ist auch leicht einzusehen warum. Denkt man sich den Muskel[1]) zu einer geraden Linie umgebogen, so wird seine Contraction eine Verkürzung dieser Linie bedingen, d. h. eine Verkleinerung der Kreisperipherie

1) Ueber den Einfluss verschiedener Temperaturgrade auf die physiologischen Eigenschaften der Nerven und Muskeln. Dissertation von H. Samkowy, Berlin 1875.

und damit eine Verkleinerung des Kreisinhalts. Der direkte Beweis, dass eine solche Verkürzung in gerader Linie stattfindet, ist von Samkowy [1]) und Grünhagen am ausgeschnittenen Sphincter erbracht worden, obwohl es eines solchen angesichts der vorliegenden Thatsachen kaum gebraucht hätte.

Die Contraktion des Sphincter ist abhängig vom Nervus oculomotorius: Reizung des Oculomotorius bedingt Verengerung der Pupille, und zwar bleibt diese die gleiche, gleichviel, ob der Nerv mit dem Gehirn in Zusammenhang bleibt oder von ihm vorher getrennt ist [2]), zum Beweis dafür dass der Oculomotorius nicht als sogenannter excitirender Nerv wirkt d. h. so, dass centripetal laufende Fasern im Centralnervensystem einen auf anderem Wege der Iris übermittelten Reflex auslösen, sondern dass seine Wirkung auf den Sphinkter eine direkte ist. Die Beobachtung selbst wurde schon von Magendie im Jahre 1825 gemacht und seitdem von einer Reihe von Forschern wiederholt [3]). Während einiger Zeit aber wurde das Faktum entschieden in Abrede gezogen: so bezweifelt z. B. E. H. Weber [4]) die Angabe Valentins, dass beim Kaninchen bei Durchschneidung des Oculomotorius im selben Augenblick heftige Verengerung der Pupille eintrete, und meint, seine Versuche seien »caute iteranda«; er selbst fand

---

1) Ueber das Verhalten isolirter glatter Muskeln bei elektrischer Reizung. Von A. Grünhagen und Samkowy. Pflügers Archiv 1875. Bd. X. S. 165 ff.

2) Budge l. c. S. 82.

3) Eine ziemliche Reihe zählt Budge auf, l. c. S. 87

4) l. c. S. 26.

bei Reizung des III. Nerven an Säugethieren allmäliche (sensim sensimque) Erweiterung [1]). Budge [2]) hat den Nachweis geliefert, dass bei diesen Versuchen immer der hart am III. verlaufende V. Hirnnerv mitgereizt worden war, und dass dieser Fasern des Sympathicus mit sich führt, welche bei den meisten Thieren nach dem Tode ihre Reizbarkeit länger behalten, als die des Oculomotorius. Man muss daher den Versuch sofort nach dem Tode machen, wo der Oculomotorius mit seiner vollen Reizbarkeit auch sein Uebergewicht über den Sympathicus noch besitzt [3]), oder einige Tage vor Tödtung des Thieres den Sympath. durchschneiden, um vor einer Nebenwirkung, die nach der darauf folgenden fettigen Degeneration natürlich nicht mehr möglich ist (Nasse und Waller), sicher zu sein. Nach solchen Vorbereitungen ist es Budge gelungen, einen absolut sichern Beweis für die Wirkung des III. Hirnnerven zu erbringen.

Spätere Versuche haben nachgewiesen, dass bestimmte Theile des Oculomotorius die Bewegung bestimmter begrenzter Theile des Sphincter auslösen; schon Budge [4]) fand, dass, wenn man die Drähte eines galvanischen Apparats nahe neben einander an eine kleine Stelle des obern oder untern Pupillarrands der

---

1) l. c. S. 25.

2) l. c. S. 85.

3) Wie in dem Falle von Budge nnd Waller an einem Enthaupteten (l. c. S. 83) und von Nuhn (citirt von Donders, Anomalien der Refraction und Accommodation des Auges 1866. Deutsche Originalausgabe von Becker S. 487).

4) l. c. S. 88.

Iris setzt, sich diese Stelle zusammenzieht und die Pupille verzogen wird. Hensen und Völkers [1]) haben bei Reizung einzelner Ciliarnerven Sphincterconstraction auf der entsprechenden Seite erzeugt, so dass die Pupille birnförmig verzogen erschien.

Durchschneidung des Oculomotorius, welche seinen Einfluss auf die Peripherie aufhebt, bewirkt selbstverständlich Erweiterung der Pupille, ebenso Exstirpation des Ganglion ciliare [2]), da dieses (wenigstens beim Menschen, bei mehreren Thieren, z. B. Katze, Meerschweinchen wird es bestritten) alle vom III. zur Iris gehenden Fasern in sich aufnimmt. Die neuesten diesbezüglichen Experimente hat Adamük [3]) gemacht, welcher bei Durchschneidung des Oculomotorius jedesmal eine Drehung des Auges nach Aussen und Unten, sowie etwas Exophthalmos und starke Erweiterung der Pupille beobachtete. Wurde der periphere Stumpf im Schädel gereizt, so sank das Auge Etwas ein, die Cornea schaute nach Innen und etwas nach Unten, die Pupille verengte sich stark, während nach vorheriger Durchschneidung des Musc. rectus internus zwar die Pupille sich verengte, die Drehung aber nicht mehr vorzugsweise nach Innen, sondern mehr nach Unten statthatte. Derselbe hat auch gefunden, dass möglichst be-

---

1) Hensen und Völkers, Experimentaluntersuchungen über den Mechanismus der Accommodation.

2) Lehrbuch der Ophthalmologie von C. G. Th. Ruete, II. Aufl. I. Bd. S. 323.

3) Centralblatt für die medicin. Wissenschaften VIII. Jahrgang 1870, Nr. 12. S. 177. zur Physiologie des Oculomotorius von D. E. Adamük.

grenzte Reizung des Oculomotoriuscentrums am Boden des Aquaeductus Sylvii die gewöhnliche Wirkung auf die Bewegung des Auges hervorruft (und zwar beiderseitig, weshalb er hier eine anatomische Verbindung vermuthet, vgl. die anatom. Vorbemerkungen), aber ohne die Verengerung der Pupille.

Jedoch nicht allein der III. Hirnnerv ist von Einfluss auf die Contraction der Pupille, sondern, wie das physiologische Experiment zeigt, auch der II. Der erste Versuch dieser Art wurde von X. Mayo an Tauben im Jahre 1823 [1]) angestellt und ist seitdem von verschiedenen Forschern [2]) in verschiedenen Modificationen auch an Sägethieren wiederholt worden. Es stellt sich dabei heraus, dass nach Durchschneidung des Opticus bei Reizung des centralen Endes die Pupille sich verengt, während Reizung des peripheren keine Bewegung in ihr auslöst. Der Effekt bleibt auch im ersten Fall aus, wenn man vorher den Oculomotorius durchschnitten hat. Longet fand dabei, dass Reizung eines Opticus die Pupille beider Augen verengte, ebenso Budge (am Kaninchen). Nachdem man so gefunden, dass der dem II. mitgetheilte Reiz seinen Weg centripetal nehme, um irgendwo im Gehirn auf die Irisfasern des Oculomotorius überzugehen, suchte man die betreffende Stelle zu limitiren. Flourens [3]) fand, dass bei Reizung der Vierhügel neben Bewegungen der Augen stets auch Verengerung der Pupillen auftrete, und

1) cfr. E. H. Weber l. c. 26, Budge l. c. 92.

2) Flourens, Hartwig, Longet, Budge etc.

3) Flourens, recherches expérimentales sur les propriétés et es fonctions du système nerveux, 1842, S. 144.

schloss daraus, dass die Vierhügel der gesuchte Ort der Reizübertragung seien. Seine Angabe fand Bestätigung durch die Experimente von Longet und Budge [1]), welche nach Abtragung der Grosshirnhemisphären und Sehhügel (am Kaninchen) den Opticus galvanisirten und dabei Verengerung beider Pupillen auftreten sahen. Sobald nun aber die Vierhügel exstirpirt waren, hörte die Wirkung auf.

In neuester Zeit sind diese Angaben betreffs des Reflexcentrums in den Vierhügeln in Zweifel gezogen worden. Renzi [2]) hat zuerst einen solchen laut werden lassen und Knoll [3]) suchte auch den Grund jener irrthümlichen Angaben aufzusuchen. Er lieferte den Nachweis, dass Verletzungen der Vier- und Sehhügel (am Kaninchen) bei Schonung des makroskopisch sichtbaren Sehnerven keinerlei Veränderung in der Contraction der Pupille auf Lichtreiz hervorbringen. Er weist darauf hin, dass die Beobachtungen von Budge, Flourens, Longet u. a. wohl deshalb unrichtige Resultate geliefert haben, weil vermuthlich gleichzeitig Verletzung des am vordern Vierhügeltheil sehr schwer zu vermeidenden Sehnerven stattgefunden habe. Das oben citirte Experiment Budges würde also nicht einer Exstirpation der Vierhügel, sondern einer Durchschneidung des Opticus gleichkommen.

---

1) l. c. S. 92.

2) nach einem Citat bei Eckhardt l. c. S. 274 und Vierordt l. c. S. 347.

3) Beiträge zur Physiologie der Vierhügel von Ph. Knoll. Giessen 1869.

Doch hatte bereits Budge [1]) keineswegs die ganze Masse der Vierhügel für das Reflexcentrum vom Opticus auf den Oculomotorius in Anspruch genommen, sondern dasselbe an der innern Seite des vordern Vierhügelpaars lokalisirt, während nach Zerstörung des äussern Theils das Licht, wie vorher, Reaction auslöste. Der Einwurf Knolls, dass bei seiner Zerstörung des innern Theils der Vierhügel wohl eine gleichzeitige Verletzung des Sehnervenstammes die Unbeweglichkeit der Pupille verursacht habe, ist von jenem dadurch schon im Voraus widerlegt worden, dass bei dem betreffenden Kaninchen das Sehvermögen nicht aufgehoben war, also keine gleichzeitige Trennung der Tractus optici stattgefunden hatte. Ein stringenter Beweis gegen die Funktion der Vierhügel als Reflexcentrum im angeführten Sinne kann daher aus den Versuchen Knolls noch nicht abgeleitet werden.

Einen weitern Beweis, dass die Vierhügel mit einem Theil ihrer Substanz wenigstens, auch bei Verengerung der Pupille, nicht bloss bei Erweiterung (Näheres hierüber später) thätig sind, geben die Versuche Adamüks [1]), welcher fand, dass die Bewegung der Augen von beiden Vierhügeln gemeinsam regiert wird und zwar so, dass der linke die Bewegungen nach Rechts, der rechte die nach Links beherrscht. Werden beide vordern Hügel gegen die Mittellinie hin gereizt, so erfolgt Bewegung nach Oben, die um so mehr in

---

1) l c. S. 131.

2) Centralblatt 1870 Nr. 5. Ueber die Innervation der Augenbewegungen, v. D. Adamük.

eine Convergenzbewegung übergeht, je weiter nach Hinten in der Mittellinie der Reiz applicirt wird, bis schliesslich bei Reizung des hintern untern Theils der vordere Hügel starke Convergenz mit Neigung nach Unten stattfindet, noch stärker ist dies am Boden des Aquaeductus Sylvii. Jede Bewegung der Augen nach Innen und Unten ist von Verengerung der Pupille begleitet. Adamük findet also in Uebereinstimmung mit Budge ein Verengerungscentrum für den Sphincter pupillae im innern hintern und untern Theil der vordern Vierhügel. —

Es wurde oben der Beobachtung von Flourens und Budge gedacht, dass Reizung eines Sehnerven beim Kaninchen Verengerung beider Pupillen bedinge, während Letzterer zugleich [1]) fand, dass nach Zerstörung des innern Vierhügeltheils keine Erblindung, wohl aber völliges Ausbleiben der Pupillarreaction auf Licht eintrat, jedoch nur am Sphincter der entgegengesetzten Seite. Es würde das einmal für Semidecussation oder doch wenigstens für ein gemeinsames Centrum der Pupillarbewegung sprechen, während der zweite Versuch gerade für ein Getrenntsein desselben und Unabhängigkeit der Pupillarbewegung der einen Seite von der der andern aufzufassen ist. Das will nicht recht stimmen und Knoll [2]) hat auch wirklich gezeigt, dass beim Kaninchen eine vollkommene Kreuzung der Opticusfasern im Chiasma stattfindet. Wurde nemlich der Nervus opticus durchschnitten, so blieb die Pupillarreaction

1) l. c. 131.
2) l. c.

auf Licht im Auge derselben Seite aus, wurde aber der Tractus opticus durchschnitten, so hatte man dieselbe Erscheinung am entgegengesetzten Auge, während das Auge an der operirtrn Seite Nichts Abnormes zeigte. Daraus ist zu schliessen, einmal, dass beim Kaninchen eine völlige Kreuzung der Sehnervenfasern im Chiasma stattfindet, und zweitens, dass späterhin auf dem Wege zum Oculomotorius im Reflexcentrum selbst oder jenseits desselben in diesem Nerven selbst abermals eine Kreuzung der Fasern und zwar ebenfalls eine vollkommene vorhanden sein muss. Alles das gilt aber nur vom Kaninchen, nicht vom Menschen, und gerade dieser direkte Nachweis erscheint, wie später auszuführen, im Verein mit den Erscheinungen am Auge als ein Beweis, dass die Bedingungen an Kaninchen und Mensch andere sind, und bei Letzterem wie bei vielen Säugethieren nicht eine völlige, sondern nur eine theilweise Kreuzung der Sehnervenfasern, stattfindet. Dafür sprechen auch die Versuche Adamüks [1]), welcher an Hunden und Katzen experimentirte und dabei stets gleichzeitige und gleichwerthige Erscheinungen an beiden Pupillen beobachtete ausser bei tiefen Durchschnitten in der Mittellinie oder einseitiger Oculomotoriusdurchschneidung, so dass also die letztern Thiere jedenfalls nicht dieselben anatomischen Bedingungen liefern, wie das Kaninchen, sondern ähnliche wie der Mensch.

b) Trigeminus.

Die Wirkung des Quintus auf die Irisbewegung ist noch nicht ganz klar, es existiren zahlreiche, aber

1) Centralblatt 1870, S. 179.

keineswegs übereinstimmende Untersuchungen hierüber. Während ein Theil der Experimentatoren jede Wirkung desselben auf die Pupille leugnet [1]), nehmen andere an, dass er als zweiter Nerv für die active Verengerung der Pupille fungire [2]), sei es nun durch Wirkung auf Sphinkter oder indem er activ gefässdilatirende Fasern führe. Eine dritte Reihe von Beobachtern weist ihm nur reflektorische Bedeutung zu [3]), eine vierte endlich erklärt seine Wirkung dadurch, dass sich ihm entweder direkt vom Sympathicus oder vom Ganglion Gasseri her pupillenerweiternde Fasern beimischen [4]).

Dass Einwirkung auf den Trigeminus zwischen Auge und Ganglion Gasseri von Wirkung auf die Pu-

---

1) Weber l. c. citirt Mayo: „Nervo trigemino in cranio dissecto motus iridis immutatus mansit" und fügt an: „Probatur hoc neque sensum retinae neque motum iridis a nervo V dependere."

Schöler, experiment. Beiträge zur Kenntniss der Irisbewegung. Dissert. Dorpat 1869 S. 55 findet ebenfalls bei Reizung des Quintus oberhalb des Ganglion Gasseri keine Pupillarbewegung.

Longet findet es ebenfalls nicht bei Hunden und Katzen.

2) Aubert bei Gräfe und Sämisch, II. Bd. S. 456.

Stellwag von Carion, die Ophthalmologie in Erlangen 1855 II. Bd. S. 13.

Budge l. c. S. 133.

Grünhagen, Pflügers Archiv Bd. X. S. 173.

3) Rüte l. c. S. 328.

Donders, die Anomalieen der Refraction und Accommodation des Auges. Deutsche Originalausgabe von Becker. Wien 1866 S. 489 hält den Reflex für nicht durch das Gehirn, sondern das Gangl. cil. gehend.

2) Eckhardt, Physiologie des Nervensystems S. 175.

Vierordt l. c. S. 347.

Stellwag von Carion, der intraoculare Druck und die Innervationsverhältnisse der Iris. Wien 1868 S. 81.

pille ist, darf als feststehend betrachtet werden und daher Webers Ansicht als widerlegt gelten. Schon Magendie [1]) hat 1826 beobachtet, dass beim Kaninchen nach Quintusdurchschneidung im Schädel die Pupille sich sehr stark contrahirt. Budge [2]) hat den V. an drei Stellen durchschnitten: vor und hinter dem Ganglion Gasseri und in der medulla oblongata (vermittelst Durchschneidung des halben Marks in der Höhe des Calamus scriptorius). In jedem Fall wird die Pupille eng, erweitert sich aber später wieder, jedoch mit dem Unterschied, dass bei Durchschneidung hinter dem Ganglion und in der Medulla die Erweiterung viel rascher erfolgt, als im ersten Falle; die Verengerung findet in allen drei Fällen in gleicher Weise, nemlich sehr langsam statt, also ganz anders, wie bei Oculomotoriusreizung. Die Wirkung tritt auch ein, wenn vorher der Oculomotorius durchschnitten war, Reflex auf diesen ist daher ausgeschlossen.

Im Widerspruch mit Budge hat Guttmann [3]) u. a. gefunden, dass bei Durchschneidung des Trigeminusstammes keine Verengerung zu beobachten sei, während seine Behauptung, dass Durchschneidung des N. ophthalmicus selbst Verengerung der Pupille hervorrufe, von verschiedener Seite bestätigt wird. So fand Valentin [4]) beim Kaninchen augenblickliche Verengerung

1) Budge l. c. S. 93.

2) l. c. 97 ff.

3) nach Eckhardt l. c. S. 174, Vierordt l. c. S. 347.

4) Nach Stellwag, Ophthalmologie etc. 403, bei ihm aber ganz entschieden durch gleichzeitige Verletzung des Sympath. hervorgerufen.

auf Stecknadelkopfgrösse, nach Vierordt [1]) erweitert Reizung des Ganglion Gasseri die Pupille, während sie nach dessen Durchschneidung sich verengert. Claude Bernard [2]) fand bei Durchschneidung des Ophthalmicus enge Pupille, aber mit unveränderter Bewegung auf Lichteinfall; bei ausbleibender neuroparalytischer Entzündung erweiterte sie sich wieder, so dass sie der andern gleich war. Ebenso fand Bernard, dass die Pupille bei Trigeminusdurchschneidung sich auch dann verengte, wenn vorher der Oculomotorius durchschnitten war; gleichermassen durchschnitt er den Opticus und alle motorischen Nerven, hierauf erst den Ophthalmicus — dasselbe Resultat; endlich durchschnitt er vorher den Sympathicus (Exstirpation des Ganglion supremum), um durch die in Frage stehende Operation auch wieder eine weitere Verengerung der Pupille hervorzurufen, nur in geringerem Grade als in den andern Fällen. Donders und Brondgeest [3]) machten folgende einschlägige Experimente: Durchschneidung des Gangl. semilun., sowie des N. ophthalm. Willisii bedingt dauernde Verengerung der Pupille mit längerm Verticaldurchmesser (Kaninchen). Nach einigen Stunden verringert sich die Contraction, verschwindet aber nicht ganz, wenn am Auge Reizerscheinungen auftreten und die Irisgefässe sich dabei stark ausdehnen. Schützen des Auges soll selbst bei völliger Anästhesie Erweite-

---

1) l. c. S. 347. Budge l. c. 91 fand bei Reizung des gangl. semilun., sowie des N. ophthalm. Erweiterung, führt aber Beides auf Reizung begleitender Sympathfasern zurück.

2) nach Donders l. c. S. 490 ff.

3) Donders l. c. 492 ff.

rung begünstigen. Wird gleichzeitig Rechts der Sympathicus, Links der Quintus durchschnitten, so ist die Verengerung Links stärker wie Rechts. Reizung des Sympathicus brachte in einer Anzahl von Fällen (7 von 11, von den 7 hatten aber nur 3 die Empfindlichkeit im Ophthalmicusgebiet ganz verloren) nach Durchschneidung des V. Erweiterung der Pupille hervor, wenn auch geringer wie sonst. Calabar macht nach dem Experiment Myose, Atropin Mydriasis, aber nicht stark.

Ehe wir uns an eine Erklärung dieser Erscheinungen und Experimente wagen, sei noch angeführt, dass Verschiedene [1]) am Menschen bei Reizung von Trigeminuszweigen Verengerung der Pupillen beobachtet haben wollen, während Andere z. B. Eckhardt [2]) bei Reizungen der Conjunctiva und des Supraorbitalnerven stets einen negativen Erfolg hatten. Reizung des Trigeminus selbst am Thier bringt, wenn nur Nebeneinwirkungen ausgeschlossen bleiben, Verengerung der Pupille hervor [3]).

Ganz entgegengesetzte Angaben bezüglich peripherer Reizung von Quintusästen finden sich bei Claude Bernard der wörtlich sagt: »Quand on pince un nerf sensitif d'une région quelconque du corps depuis un rameau desciatique jusqu'à une branche du tryumeau, il y a au moment même, un mouvemeet réflexe sur les deux yeux à la fois qui se traduit par une dilatation de la pupille.« Auch der neueste Schriftsteller [5]) über

1) Budge l. c. 101.
2) l. c. 174.
3) Budge l. c. 95.
4) Journal de physiologie 1862, citirt bei Debouzy.
5) Debouzy, Considérations sur le mouvements de l'iris. Paris 1875. p. 51.

Pupillarbewegung stimmt mit dieser Angabe überein, indem er sagt: On irrite avec un instrument quelconque la conjonctive oculaire et surtout la cornée et on voit à l'instant une dilatation de la pupille se produire, et si l'irritation continue, il y a rétrécissement.«

Ich habe in zahlreichen an mir selbst und an Andern angestellten Versuchen die Angaben Bernards und Debouzy's vollständig bestätigt gefunden. Reizte ich die Oberfläche der Cornea durch kurze Berührung mit irgend einem Gegenstand, so konnte ich constant eine momentane Erweiterung der Pupille beobachten, welche aber sofort wieder von einer Contraction derselben gefolgt war [1]). Die Selbstbeobachtung wurde theils am Spiegel theils auf entoptischem Wege gemacht und hatte bei beiden Beobachtungsweisen dasselbe Resultat. Die Angaben, dass jede Reizung der Trigeminusenden ein die Pupille verengerndes Moment abgebe, beruhen wohl darauf, dass auf die Erweiterung sehr rasch eine Verengerungsbewegung folgt, über deren Eintritt jene leicht übersehen werden kann. Dass bei starker oder langdauernder Reizung des Trigeminus enge Pupille vorkommt, ist durch diese Versuche nicht ausgeschlossen, da es sich bei ihnen nur um momentane Einwirkungen auf dessen Peripherie handelt; auf die Erklärung dieser Thatsache werden wir zurückkommen.

Fassen wir kurz die Resultate der experimentellen Physiologie über die vorliegende Frage zusammen, so steht fest: 1) Nach Durchschneidung des N. ophthal-

1) Auch Herr Professor Nagel hat sich durch mehrere an mir selbst angestellte Versuche von der Richtigkeit des hier Behaupteten überzeugt.

mic. und gleicherweise nach der des Gangl. Gasseri verengt sich die Pupille, aber langsam; nach einiger Zeit wird sie wieder weit, aber nicht wie in der Norm.

2) Nach Durchschneidung des Trigeminus zwischen Gehirn u. Ganglion Gasseri oder in der Medulla oblongata nach seinem Austritt aus den corpora restiformia tritt ebenfalls langsame Verengerung ein, die aber bald wieder vergeht [1]).

3) Gleichzeitige Durchschneidung des Oculomotorius verändert die Erscheinungen nicht.

4) Bei folgender Reizung des Sympathicus erfolgt eine Erweiterung, aber nicht so stark wie sonst.

5) Nach vorhergehender Durchschneidung des Sympathicus erfolgt eine weitere, aber nicht bedeutende Verengerung, bei gleichzeitiger einseitiger Durchschneidung des Sympathicus und doppelseitiger des Ophthalmicus ist die Pupille auf der doppelt operirten Seite enger als auf der nur einseitig operirten.

6) Momentane Reizung peripherer Quintusäste bedingt momentane Pupillenerweiterung.

7) Starke galvanische Reizung des Trigeminusstammes, sowie fortgesetzte seiner peripheren Ausbreitung rufen Verengerung der Pupille hervor.

Daraus ergibt sich einmal, dass die nach Durchschneidung des V. auftretende Verengerung nicht als Reizsymptom in der Weise aufgefasst werden kann, dass dieselbe auf reflektorischem Wege einen Contractionsimpuls von Seite des Oculomotorius auf den Sphincter auslösen würde. Dagegen spricht das Experiment, wie die Art und Weise der Contraction.

---

1) Diese von Guttmann nicht constatirte Beobachtung Budges hat Salkovsky bestätigt (cfr. Stellwag l. c. S. 86).

Zugleich ergibt sich daraus, dass die Ansicht, der Trigeminus bewirke active Verengerung der Pupille, sei es nun dadurch, dass er, wie Grünhagen will, einen besondern Contractionszustand des Sphincter hervorzurufen im Stande sei, oder dass er ein vasomotorischer Nerv in der Weise wäre, dass er active Dilatation der Gefässe hervorrufe, sich mit den Thatsachen nicht in vollkommenen Einklang bringen lässt. Dafür spricht von den aufgeführten Punkten nur der letzte. Die Verengerung nach Trigeminusdurchschneidung kann die eine Ansicht so wenig wie die andere erklären.

Jedenfalls kann als sicher hingestellt werden, dass die Quintusfasern, deren Durchschneidung von Einfluss auf die Weite der Pupille sind, nicht in der ganzen Länge des Nerven dieselben sind: im Stamm selbst befinden sich nur solche, welche eine vorübergehende Myose verursachen, wenn sie ausser Wirksamkeit gesetzt sind, im Ophthalmicus kommen noch andere hinzu, deren Durchschneidung eine dauernde Verengerung der Pupille hervorruft. Aus diesen verschiedenen Erscheinungsformen sind wir berechtigt, auf verschiedene Funktionsverhältnisse beider Nervenfaserarten zu schliessen und zwar in der Weise, dass wir den einen eine constante, direkte Einwirkung auf die Dilatation der Pupille zuschreiben, welche bei Durchschneidung derselben aufhört und so zu constanter Pupillenverengerung führt, während für die zweite Art von Fasern unmöglich eine direkte Einwirkung auf die Iris in Anspruch genommen werden kann, da dann keine restitutio ad integrum möglich wäre; man muss sich vielmehr denken, dass durch die Leitungsunterbrechung

in diesen Fasern ein Weg aufgehoben wird für centralwärts gehende Reize, ausgehend von den verschiedenen Erregungszuständen der peripherischen Enden des V., welche auf reflektorischem Wege auf die Erweiterungsnerven der Iris übergehen und dadurch Dilatation in verschiedenem Grade hervorrufen. Ist nun der Weg für diese Reizzustände aufgehoben, so tritt (wie bei Opticusdurchschneidung Mydriasis aus mangelndem Reflexreiz), so hier Myosis auf; diese ist eine nur transitorische, weil, wie wir später sehen werden, eben nicht der Trigeminus allein zur Hervorrufung reflektorischer Dilatation der Pupille befähigt ist. Dass auch nach Exstirpation des Halsganglions vom Sympathicus durch Quintusdurchschneidung eine geringe Verengerung hervorgerufen wird, spricht keineswegs gegen diese Erklärung, da man ja, gestützt auf anatomische Thatsachen, annehmen kann, dass ein Theil dieser Reize nicht durch die Centren in Gehirn oder Medulla, sondern im Ganglion Gasseri auf pupillenerweiternde Fasern übergehe und dass jedenfalls solche im besagten Knoten entspringend die sympathischen Fasern unterstützen. Ganz entschieden für diese Erklärung sprechen die oben genannten Beobachtungen am Lebenden, sowie weitere, später zu erörternde Verhältnisse, durch welche auch der mit dem Aufgestellten in scheinbarem Widerspruch stehende siebente Punkt seine Erledigung finden wird.

Dass die erstgenannten, direkt wirkenden Fasern mit grösster Wahrscheinlichkeit direkt vom Sympathicus kommen, vielleicht, wie aus dem eben Gesagten zu schliessen, theilweise dem Gasser'schen Knoten entstam-

men, ergibt sich aus den anatomischen Thatsachen und aus der gleich zu erörternden Funktion des Sympathicus in Bezug auf die Iris. Dass Reizung des Letztern auch nach Durchschneidung des Ophthalmicus die Pupille noch verengt, beweist nur, dass eben nicht alle seine Fasern diesem Nerven sich beigesellen, sondern theils mit dem Oculomotorius theils direkt durch die Hyrtl'sche Wurzel (radix trophica sive media) zum Ganglion ciliare treten.

c) Sympathicus.

Es ist das berühmte Experiment Harfour du Petit's, welches auf den Zusammenhang von Sympathicus und Pupillenbewegung aufmerksam gemacht hat: Durchschneidung des sympathischen Grenzstrangs am Halse bedingt dauernd Verengerung der Pupille. Seitdem ist dasselbe unzählige Male wiederholt und bestätigt, sowie mit Hinzufügen anderer zugleich auftretender Erscheinungen bereichert worden. Valentin [1]), sah in Gemeinschaft mit Rüte [2]) bei Durchschneidung zuerst Erweiterung, dann aber nach einer Minute Verengerung der Pupille eintreten und zwar anfangs mehrmals wiederholte, verstärkte, endlich bleibende Contraction. Diese bleibt, wenn eine Vereinigung des durchschnittenen Nerven vermieden wird, Monate und Jahre lang. Biffi [3]) machte zuerst das Gegenexperiment der Reizung und fand, besonders bei Reizung des Ganglion supremum selbst, starke Erweiterung der Pupille. Budge [4])

1) Nach Stellwag, Ophthalmologie S. 404.
2) l. c. S. 326.
3) nach Rüte l. c. 327 und Stellwag l. c. 404.
4) l. c. 89 ff.

fand die Erweiterung auf Reizung mit dem Dubois-Reymond'schen Apparat schon nach 1/4 Sekunde eintreten, deren Maximum in 1,5—3 Sek. erreicht war. Die Stärke der Erweiterung war von der Stärke des Reizes [1]) und vom Thiere abhängig (Frösche und Kaninchen gering, Hunde beträchtlich). Auch am Menschen ist die Erscheinung bei Reizung des Sympathicus gleich nach dem Tode nachgewiesen worden [2]). Eulenburg und Schmidt [2]) fanden bei percutaner Galvanisation des Sympathicus (Anode auf's Manubrium sterni, Kathode hinterm Unterkieferwinkel) beim Kettenschluss sehr geringe Dilatation, während der Galvanisation Enge der Pupille, bei Oeffnung des Kettenschlusses trat bald Verengerung bald Erweiterung auf. Diese Erscheinungen entsprechen ganz dem physiologischen Experiment am präparirten Nerven: Schluss der Kette des constanten absteigenden Stroms bedingt stets Reizung des Nerven [3]), während der Strom durchgeht, ist absolute Ruhe des von dem Nerven versorgten Muskels, die Oeffnung des Stroms bedingt je nach seiner Stärke Ruhe oder Zuckung; auf unsern Fall übertragen bedeutet das: Reizung des Sympathicus am Lebenden durch Schluss des constanten Stroms bedingt Erweiterung der Pupille, völlige Unthätigkeit desselben, Läh-

---

1) Vgl. hierüber die interessanten, aber nicht hierher gehörigen Angaben Budges l. c. 90 ff.

2) Wagner nach einem Citat bei Eulenburg und Guttmann, die Pathologie des Sympathicus. Berlin 1873 S. 45 und Eckhardt l. c. S. 293.

3) l. c. S. 61.

4) cfr. Vierordt l. c. 102—103.

nung d. h. Verengerung, die Oeffnung des Stroms wirkt bald reizend bald indifferent.

Durch das Experiment am blossgelegten Nerven von Thieren hat man gefunden, dass die Wirkung der Sympathicusreizung oder -Durchschneidung auf die Pupille keineswegs die gleiche ist, je nachdem dieselbe an verschiedenen Orten vorgenommen wird. Biffi (s. o.) fand, dass Reizung des obersten Halsganglions stärkere Erweiterung hervorbringt, als wenn sich dieselbe auf den unter diesem liegenden Theil des Grenzstrangs erstrecke. Budge [1]) und Waller fanden, dass, wenn der Sympathicus durchschnitten war, schon nach 5—6 Tagen Reizung des Nerven keine Erweiterung mehr auszulösen im Stande war, diese Reizlosigkeit jedoch nicht weiter, als bis zum Ganglion supremum gieng; Reizung dieses Knotens sowohl als solche der Carotiszweige des Grenzstrangs waren noch von Wirkung. Diese letztere Wirkung dauerte noch nach einem Jahre fort: Der Grenzstrang selbst reagirte nicht auf elektrischen Reiz, wohl aber traten die Pupillarerscheinungen ein bei Reizung des obersten Cervicalknotens. Donders hat nachgewiesen, dass aus dem obersten Cervicalganglion mehr Fasern austreten, als es von Unten empfängt. Budge und Waller haben bewiesen, dass nach Trennung des Grenzstrangs seine Fasern nach Oben zu degeneriren, was Donders bestätigt, jedoch mit dem Anfügen, dass bei Durchschneidung unter dem fraglichen Ganglion in diesem selbst und in den von ihm ausgehenden Bündeln keinerlei degenerative Veränderung

1) l. c. 124.

eintrete. Ist es aber exstirpirt, so degeneriren auch die von ihm ausgehenden Bündel, Reizung vom Gasserschen Ganglion aus jedoch und am Bulbus selbst ist noch im Sinne der Sympathicusreizung wirksam.

Aus der Summe dieser Experimente ergibt sich, dass im Grenzstrang des Sympathicus noch nicht alle pupillenerweiternde Fasern enthalten sind, sondern, dass zu diesen im Ganglion supremum sowohl, wie im Gangl. Gasseri (vgl. ob.), vielleicht auch im Gangl. cil. und im intraocularen Gangliensystem eine Summe weiterer Fasern sich zugesellt, deren Kraftquelle in den betreffenden Ganglien zu suchen ist [1]).

Aber auch die ursprünglichen oculopupillären Fasern des Grenzstranges am Halse sind nicht sein eigen, sondern sie entspringen dem Rückenmark. Es ist Budges [2]) Verdienst, das nachgewiesen zu haben: durchschnitt er das Rückenmark dicht unter dem 5. Halswirbel und reizte dann das untere Ende, so dass der elektrische Strom durch beide Hälften gieng, so erweiterten sich beide Pupillen, gerade wie bei Reizung des Sympathikus; schneidet man beide Hälften des Rücken-

1) Es möge hier die Andeutung Raum finden, dass in neuester Zeit die Meinung aufgetaucht ist, dass die meisten Ganglien der Kopfnerven zum Theile den spinalen, zum Theile den sympathischen Ganglien entsprechen. Vgl. N. Rauber bei U. Nicati, la paralysie du nerf sympathique S. 49. Auch das Nebenstehende könnte in dieser Hinsicht verwerthet werden. Jedenfalls wäre es für die vergleichende Anatomie von hohem Interesse, hierüber nähere Studien zu machen, welche für die Theorie von der Parallelisirung des Schädels mit der Wirbelsäule und der Gehirnnerven mit den Spinalnerven vielleicht neue Ergebnisse und Anhaltspunkte liefern würden.

2) l. c. 108 ff.

marks in der Mitte auseinander, isolirt sie (durch einen Nichtleiter, Glas etc.) und galvanisirt jeden Theil für sich, so erweitert sich bloss die Pupille der entsprechenden Seite; ist vorher ein Sympathic. durchschnitten, so erweitert sich nur die der nicht operirten Seite. Dieselbe Wirkung erreicht man an jeder Stelle des Rückenmarks zwischen 6. Hals- und 4. Brustwirbel.

Um auch das Verhalten der Spinalganglien- und Nerven zu prüfen, wurden die beiden Nervenwurzeln vom 7. oder 8. Hals- oder 1. bis 2. Brustnerven isolirt und galvanisirt, worauf Erweiterung der Pupille eintrat, ebenso wie bei blosser Reizung der Vorderwurzeln, während von den hintern Wurzeln aus nur eine geringe, vorübergehende Wirkung ausgelöst wird, die bei Trennung derselben vom Rückenmark ganz ausbleibt.

Das Endresultat dieser Versuche ist, dass der Halssympathicus seine auf die Pupille wirksamen Fasern durch die Vorderwurzeln von 7. und 8. Hals- resp. 1. und 2. Brustnerven empfängt. Budge hatte durch eine Anzahl weiterer Versuche (an Fröschen und Kaninchen) nachzuweisen gesucht, dass in den Vordersträngen und namentlich in den Mittelsträngen des Rückenmarks vom 6. Halswirbel bis zum 4. Brustwirbel die Quelle der Kraft zu suchen sei, welche als Dilatation der Pupille in Erscheinung tritt, und der er den Namen Centrum ciliospinale beilegt.

Salkowski[1]) hat in Uebereinstimmung mit Budge gefunden, dass, wenn man vom 3. Brustwirbel an auf-

1) Centralblatt 1867 Nr. 31. S. 487.

wärts das Rückenmark an einer beliebigen Stelle durchschneidet, sich die Pupille verengt und zwar nur auf der Seite, auf welcher die betreffende Seitenhälfte der Medulla operirt ist; der entsprechende entgegengesetzte Erfolg tritt nach Reiz der unter der Durchschneidungsstelle gelegenen Partie ein. Dagegen bestreitet er, dass hier wirklich das Centrum für die fraglichen Bewegungen sei. Bekanntlich tritt bei mit Curare vergifteten Kaninchen Erweiterung der Pupille auf und zwar nach Thiry [1]), weil in Folge der sistirten Athmung das Blut mit Kohlensäure überladen wird, welches auf das pupillendilatirende Centrum als Reiz wirkt [2]). Diese Pupillendilatation bleibt aus, wenn man bei curarisirten Kaninchen das Halsmark durchtrennt, selbst wenn diese Operation ganz hoch zwischen Atlas und Hinterhaupt gemacht wird. Das Centrum ciliospinale kann somit nicht an der von Budge angegebenen Stelle sein.

Knoll [3]) fand bei Reizung der vordern Vierhügel Erweiterung der Pupille, bei einseitiger Reizung reagirte auch die gegenseitige Pupille, aber schwächer als die gleichseitige. Um zu beweisen, dass wirklich der Sympathicus die Bahn für diesen von den Vierhügeln ausgehenden Reiz sei, wurde jener vorher durchschnitten, worauf bei Reizung auf der dem durchschnittenen Sympathicus entsprechenden Seite die Reaction der Iris ausblieb und nur auf der entgegengesetzten Seite auftrat.

Daraus schliesst Knoll, dass in den Vierhügeln pu-

---

1) Centralblatt 1864. Nr. 46.

2) Vgl. auch die Versuche Schiff's mit Strychnin, Nagels J. B. II. S. 135, und die von Beenen, N. I. B. IV. S. 129.

1) l. c.

pillenerweiternde Fasern verlaufen, welche in demselben sich theilweise kreuzen, lässt es aber dahingestellt, ob nicht auch von anderer Seite her dem Sympath. solche Fasern zugeführt werden.

Mit den Befunden Knolls stimmen auch die im oben citirten Aufsatz von Adamük gefundenen Erscheinungen. Während er durch Reizung des hintern und untern innern Theils der vordern Vierhügels Verengerung der Pupille erzielte, so erfolgte bei Reizung in der Mitte zwischen den beiden Vierhügeln nicht so weit nach Hinten, wie dort, Bewegung der Augen nach Oben mit Erweiterung der Pupille. Die Erscheinungen traten stets doppelseitig auf, nur wenn durch eine tiefe Incision beide Vierhügel getrennt wurden, beschränkten sie sich auf die gesunde Seite. Reizung der hintern Hügel, besonders in der Mitte ergibt sehr starke Bewegungen des narkotisirten Thieres mit sehr grosser Erweiterung der Pupille und sehr schreckhaftem Ausdrucke der parallel stehenden Augen.

Aus dem bisher Gesagten lässt sich Folgendes feststellen: im Sympath. verläuft eine Reihe von Fasern, welche durch ihre Einwirkung Dilatation der Pupille hervorrufen; wenn aber die Leitung in ihnen unterbrochen wird, tritt Myosis ein. Ihren Ursprung nehmen sie theils im Sympath. selbst (Gangl. suprem.), theils auch im Gangl. Gasseri, vielleicht auch im Gangl. cil. und dem intraocularen Gangliensystem; ein grosser Theil davon aber entstammt jedenfalls dem cerebrospinalen Nervensystem, welches sie durch die vordern Wurzeln des 7. bis 10. Spinalnerven verlassen, um sich durch die rami communikantes dem Grenzstrang am

Halse beizugesellen und in diesem aufwärts zu gelangen. Im Rückenmark verlaufen sie ebenfalls nach Oben, einer oder mehreren Centralstellen zu, von welchen höchst wahrscheinlich eines in den vordern Vierhügeln (mittlerer oberer Theil) gefunden ist, während möglicherweise auch von den hintern Vierhügeln ähnliche Fasern ausgehen. An noch unbestimmter Stelle stehen sie wahrscheinlich mit Fasern der Hinterwurzeln so in Beziehung, dass sie von diesen aus auf dem Wege des Reflexes in Reizzustand versetzt werden und so ebenfalls Pupillendilatation erzeugen können.

In welcher Weise die sympathischen Fasern wirken, ist eine viel umstrittene, neuerdings wieder ganz besonders ventilirte Frage, zu deren Beantwortung noch eine Menge von Daten und Beobachtungen mit in Rechnung gezogen werden muss.

Vor Allem sind hier aufzuführen die zahlreichen anderweitigen Erscheinungen, welche mit der Sympathicusreizung, resp. dessen Durchschneidung einhergehen.

Schon Petit hatte diese begleitenden Symptome bei seinem Experiment beobachtet, aber man hatte sie im Laufe der Zeit über der eclatanteren Pupillarerscheinung vernachlässigt. Erst nachdem Claude Bernard [1]) zuerst wieder die Aufmerksamkeit darauf gelenkt hatte, dass zu gleicher Zeit mit jener constant Erscheinungen von Lähmung, resp. Reizung an der Muskulatur der ent-

1) Claude Bernard, de l'influence du système nerveux grand sympathique sur la chaleur animale. ‚Comptes rendus XXXIV. 1852. S. 472.

sprechenden Hals- und Kopfgefässe auftreten, und dass damit in Folge des erhöhten Blutzuflusses eine erhöhte Wärme auf derselben Kopfseite wahrzunehmen sei, häuften sich die einschlägigen Beobachtungen und Experimente wieder mehr und mehr. Bernard selbst fand ausser den genannten Gefäss- und Temperaturerscheinungen noch Abplattung der Cornea, Enge der Pupille, Röthung der Conjunctiva, Retraction des Bulbus (letzteres sind 3 Symptome, die bereits Petit angegeben hatte) nach der Durchschneidung des Halsgrenzstrangs, bei dessen Reizung hingegen erweiterte sich die Lidspalte, die Cornea wölbte sich, der ganze Bulbus trat weiter nach Vorn und die Temperatur derselben Seite sank.

Nach Salkowski [1]) ist im ersten Falle neben der Blutüberfüllung in der betreffenden Kopfhälfte eine meist ganz deutliche Gefässerweiterung in der Iris zu constatiren, während Reizung des Grenzstrangs neben der Pupillenerweiterung immer zu einer starken Verengerung nicht bloss der Gefässe des Kopfes, sondern auch derjenigen der Iris führt. Die letzten contrahiren sich bei Sympathicusreizung auch dann sehr stark, wenn sie vorher unter der Einwirkung von Digitalis oder durch Entleerung des humor aqueus sehr ausgedehnt waren oder wenn durch Calabar der Sphinkter in Krampf versetzt war und die Dilatation der Pupille verhinderte [2]). Auch im Stranggebiet der Choroidea und Retina sind entsprechende Erscheinungen zu Tage ge-

1) l. c.
2) Donders l. c. 489.

treten. Adamük [1]) fand bei Reizung des Sympathicus bei der ophthalmoskopischen Untersuchung Verengerung der Arterien und Füllung der Venen. Sinitzin nach Exstirpation des obersten Halsganglions unmittelbar darauf vermehrte Injection der Gefässe des entsprechenden Augenhintergrunds: »es erwies sich, dass die Choroidalgefässe an Volumen zugenommen hatten, dass deren Anastomosen viel deutlicher zum Vorschein kamen, und dass im Allgemeinen der Hintergrund des Auges bedeutend röther wird, als an der entgegengesetzten Seite. Die Temperatur des Auges an der operirten Seite ist gestiegen, im Conjunctivalsack und unter der Tenonischen Kapsel steigt die Temperaturdifferenz im Vergleich zur nicht operirten Seite von 0,9 bis 2,4 ° C.« Bestätigt werden diese Beobachtungen von Schöler [2]), welcher bei Durchschneidung des Halssympathicus neben Enge des entsprechenden Sehlochs Temperaturerhöhung desselben Ohrs und Einsinken des Bulbus Erweiterung der Retinalarterien beobachtete.

Allein nicht bloss die Gefässe der Kopfhaut und des Gesichtes (was bei Bernard unter Kopf zu verstehen ist), sondern auch die des Schädelinhalts unterliegen, wie Donders nachgewiesen hat, demselben Einfluss Seitens des Sympathicus. Er überzeugte sich, dass bei Reizung des Halsgrenzstrangs die Gefässe der pia mater sich contrahiren, womit die Angabe Gettwarts [3])

1) Centralblatt 1867 Nr. 28. Zur Lehre vom Einfluss des Sympathicus auf den innern Augendruck.

2) Experimentelle Beiträge zur Kenntniss der Irisbewegung. Dissert. Dorpat 1869.

3) Gettwart, vasomoterische Nerven der Kopfgefässe. Diss. Königsberg 1874.

übereinstimmt, dass das gesammte Gebiet der Carotiden vom Sympathicus innervirt werde, während die Vertebralis ihre Innervation vom Rückenmark her erhalte.

Damit im Einklang steht die Einwirkung auf die Herzthätigkeit, welche nach Durchschneidung des Halssympathicus in der Regel etwas verlangsamt, bei Reizung desselben etwas beschleunigt wird. Während Bezold [1]) hierin lediglich die Folge einer direkten Wirkung auf das Herz sieht, haben andere (Ludwig und Thiry [2]) die Behauptung aufgestellt, dass die Steigerung der Frequenz der Herzthätigkeit grösstentheils auf die vasomotorischen Wirkungen des Sympathicus zurückzuführen sei, indem bei gesteigertem Tonus der Gefässe der Blutdruck in denselben wachse und dadurch das Herz zu grösseren Kraftanstrengungen gezwungen werde, um diesen überwinden zu können. Bezold selbst hat späterhin eingeräumt, dass dieser Umstand wenigstens theilweise von Wirkung auf die Herzbewegung sei. Jedenfalls ist es erlaubt, wenigstens zum Theil diese Veränderung in der Herzthätigkeit mit in unsere Ergebnisse der Sympathicusdurchschneidung einzubeziehen als weiteres Beweismittel, dass im Gebiete des Halses und Kopfes der Blutdruck und der Gefässtonus vom Sympathicus abhängig ist.

Es lag nahe, die Erscheinungen am Auge und an den Gefässen, welche durch eine und dieselbe centrale Ursache hervorgerufen wurden, nunmehr auch auf eine und dieselbe durch jene ausgelöste peripherische Wir-

---

1) cfr. Vierordt l. c. 127.

2) Nach Eulenburg und Guttmann l. c. 119.

kung zu erklären: man hatte die Abhängigkeit der Gefässfüllung in der Iris vom Sympathicus erkannt und suchte nun die unter demselben Einfluss stehenden Bewegungen des Sehlochs auf eben diese Veränderung in den Gefässen zurückzuführen. Eine Reihe von Versuchen wurden zur Beweisführung hiefür angestellt.

Das älteste dieser Experimente ist das von Brown-Séquard, welcher beim Aufhängen von Thieren an den Hinterbeinen Verengerung der Pupille eintreten sah; zu gleicher Zeit trat bei diesem Experiment Retraction des Auges in die Orbita ein, ebenso verengte sich die Lidspalte. Kussmaul [1]) fand bei starken arteriellen Blutentziehungen am Halse sofortige Pupillenerweiterung ohne vorherige Verengerung, als Nebenerscheinung traten sofort heftige Convulsionen ein, worauf in Bälde der Tod des Versuchsthiers erfolgte. Wurde dagegen der Stromlauf in den äussern Jugularvenen gehemmt, so trat der Augapfel prall vor, die Lidspalte erweiterte sich, während sich die Pupille verengte; bei einem weissen Kaninchen konnte diese Verengerung rasch hintereinander des Oeftern beobachtet werden, so oft die Jugularvenen comprimirt wurden oder der Blutstrom seinen freien Lauf nehmen konnte; die Unterschiede im Durchmesser des Sehlochs betrugen $^1/_2$—1 mm., die Iris schien sich zu wölben und etwas nach Vorwärts zu treten (bei der Verengerung). Bei einem schwarzen Kaninchen vermochte Kussmaul eine stärkere

1) Untersuchungen über den Einfluss, welchen die Blutströmung auf die Bewegungen der Iris und anderer Theile des Kopfes ausübt. Diss. Würzburg 1855. S. 25 ff.

Verengerung hervorzubringen, als er sie je vorher unter Einwirkung des stärksten Lichts hatte beobachten können. Wurde der Ablauf des venösen Bluts wiederhergestellt, so trat der Bulbus allmälich zurück, die Lidspalte verengte sich, während die Pupille wieder weiter wurde.

Wurde die Jugularis externa dauernd unterbunden, so zeigte sich neben 10tägiger Hyperämie der Conjunctiva vom 4.—7. Tag Verengerung der Pupille.

Durch diese Experimente glaubte man auch auf mechanischem Wege hergestellt, was der Sympathicus durch seine Innervation, resp. das Ausbleiben derselben bewirken sollte. Aeim Aufhängen eines Thieres an den Beinen kommt eine grössere Menge Blutes in den Kopftheil seines Gefässsystems, also auch in das der Iris, und man beobachtet daher eine Verengung des Sehlochs, hervorgerufen durch die stärkere Füllung der zahlreichen Irisgefässe und dadurch bedingte Volumszunahme des Gewebes. Das Gleiche kommt zu Stande bei den Versuchen Kussmaul's, wo Hemmung des venösen Abflusses ganz analoge Erscheinungen am Auge auslöst, wie wir sie bei Sympathicusdurchschneidung kennen, während arterielle Blutentziehungen am Halse die Wirkung der Sympathicusreizung vor Augen führen.

Eine grosse Anzahl anderer Versuche aber spricht dagegen, dass die Bewegungen der Iris, welche vom Sympathicus abhängig sind, auf der verschiedenen Gefässfüllung oder wenigstens auf ihr allein beruhen. So hat in erster Linie Claude Bernard die falsche Ansicht von Budge, Waller, Salkowski u. a. widerlegt, welche dahin gieng, dass auch im Rückenmark die vasomoto-

rischen und ciliospinalen Fasern des Grenzstrangs einen gemeinsamen Ursprung besitzen. Es ist richtig, dass beide Arten von Fasern im Halstheil des Rückenmarks nach Oben verlaufen, wie Budge's Experiment erweist [1]), welcher bei Trennung des Rückenmarks ausser den Pupillarerscheinungen Wärmezunahme am Kopf, Vortreten des dritten Lids und Einsinken des Bulbus wahrnahm. Aber Claude Bernard hat gezeigt [2]), dass sie das Rückenmark auf verschiedenem Wege verlassen: »Wenn man im Vertebralkanal oder im Zwischenwirbelloch die zwei ersten thoracischen Rückenmarksnerven durchtrennt, während der Grenzstrang des Sympathicus völlig intact bleibt, so erhält man nicht bloss die Verengerung der Pupille, sondern auch den ganzen Complex von Erscheinungen, welche von Seite des Auges die Durchschneidung des Halssympathicus anzeigen. Man sieht am Kopfe weder vaskuläre noch thermische Erscheinungen, wenn solche auftreten, so sind sie nur vorübergehend und könnten vielleicht als Resultat einer Reflexaktion zu deuten sein.« Der zweite von ihm aufgestellte Satz lautet: »Wenn man den aufsteigenden Theil des Sympathicus zwischen der zweiten und dritten Rippe an der Seite der Wirbelsäule durchschneidet, so erhält man alle Erscheinungen an den Gefässen und der Temperatur der entsprechenden Kopfseite, aber keine Wirkung auf die Augen.«

---

1) l. c. 118 ff.

2) Des phénomènes oculopupillaires produits par la section du nerf sympathique cervical, ils sont indépendents des phénomènes vasculaires calorifiques de la tète. Comptes rendus 1862. Tome LV. p. 382 ff.

An diese topographische Trennung der beiden Arten von Fasern, der vasomotorischen und der oculopupillaren, wie sie Bernard nunmehr gemäss dem erweiterten Begriff genannt wissen will, schliesst sich an, dass ihre Wirkung, wie Arlt jun. [1]) und Donders lehren, auch zeitlich von einander getrennt sind: die Gefässcontraction bei Reizung vasomotorischer Nerven ist ein trägerer Vorgang als die Pupillendilation.

Dazu kommt, dass man das Eine beobachten kann, während das Andere fehlt: Donders [2]) sah auf Reizung des Sympathicus zwar die Gefässe der Iris sich contrahiren, aber in Begleitung dieser Contraction kaum eine Erweiterung der Pupille eintreten, wenn er durch Calabar einen Krampf des Sphinkter hervorgerufen hatte. Umgekehrt ist es eine bereits alte Erfahrung, dass man Dilatation der Pupille durch Sympathicusreizung auslösen kann, wenn bereits alle Blutcirculation aufgehört hat und somit keine Blutbewegung mehr vorhanden ist, die Contraction der Gefässe also keine die Iris entleerende und dadurch die Pupille erweiternde Bedeutung besitzt.

Dagegen sind die Erscheinungen am Auge, an den Pupillen nämlich, den Lidern und der Bewegung des ganzen Bulbus niemals von einander zu trennen. Wollte man daher, der Einfachheit halber die Erscheinungen an der Pupille durch die Einwirkung auf die Gefässe erklären, so müsste man eine Erklärung im gleichen Sinne auch für diese concomitirenden Erscheinungen auffinden. Bernard führt ausserdem eine ganze Reihe

1) Nagels J. B. I. S. 165.
2) l. c. 489.

von Gründen auf, welche ausser dem bereits Genannten einen Unterschied zwischen den Erscheinungen am Auge und zwischen den vasomotorischen feststellen sollen: »Die Reflexaktionen des Auges, sagt er, können durch Reizung eines beliebigen sensitiven Nerven an der ganzen Körperoberfläche hervorgerufen werden. Wenn die oculopupillaren Fasern nur auf einer Seite noch intakt sind, so zeigen sich die Reflexerscheinungen nur am gesunden Auge, auf welcher Körperseite man auch den Reiz applicirt; dies beweist, dass die Reflexerscheinungen am Auge immer beiderseits, also am entgegengesetzten Auge in gekreuzter Weise auftreten. Das bildet einen scharfen Gegensatz zu den vasomotorischen Reflexerscheinungen, welche begränzt sind und sich nicht über eine bestimmte Schranke hinaus erstrecken. Die vasomotorischen Reflexe sind nie gekreuzt: zwickt man das Ohr eines Thieres, so sieht man nach einer energischen Contraction der Gefässe dieses Ohrs dasselbe sehr warm und durch stärkere Gefässfüllung geröthet werden, während das Ohr der andern Seite immerfort den gleichen Zustand gibt. Endlich ist die reflektorische Gefässdilatation immer dadurch charakterisirt, dass ihr eine vorübergehende Contraction vorhergeht."

Auf Grund aller dieser Erwägungen neigt sich die Mehrzahl der Ansichten dahin, dass die Erweiterung der Pupille nicht eine Erscheinung der vasomotorischen Innervation des Auges, sondern reine Muskelwirkung des von den Anatomen gefundenen Antagonisten des Sphincter sei; man fühlt sich um so mehr zu dieser Ansicht berechtigt, als man in der Entdeckung H. Müllers auch für die begleitenden Erscheinungen des Ex-

ophthalmus und der Erweiterung der Lidspalte muskuläre Kräfte in Anspruch zu nehmen guten Grund bekommen hat. Nur Grünhagen traut den anatomischen Darstellungen des Dilatator nicht genug Sicherheit zu und beschränkt sich darauf, für die Dilitationsbewegung die Elasticität des Irisgewebes allein in Anspruch zu nehmen.

Trotz alledem ist man genöthigt, eine passive, sowohl als eine active Betheiligung der Blutgefässe an der Bewegung der Iris, der Dilatation sowohl wie der Contraction der Pupille anzunehmen.

1) Sowohl die Contraction als die Dilatation der Pupille sind ohne einen wechselnden Blutgehalt der Iris nicht zu erklären, und es gibt Erscheinungen, welche positiv einen solchen gleichsam demonstriren.

Wir haben schon früher dargethan, dass die Iris bei ihrer Retraction ad maximum keineswegs an Dicke gewinnt, was sie an Fläche verliert. Das einzige Substrat des Irisparenchyms, welches bei Erweiterung der Pupille vom mittleren Stand zur Mydriasis eine Abnahme des Volumens erleiden kann, ist der sich contrahirende Muskel, der Dilatator, da sich bei jeder Verkürzung eines Muskels sein Dickerwerden mit der Abnahme seiner Längsausdehnung nicht deckt, sondern eine geringe Abnahme seines Volumens eintritt. Wenn man aber das Bischen Volumen bedenkt, das dieser Muskel an und für sich besitzt, so muss die durch seine Contraction bedingte Volumsabnahme noch unendlich viel geringer sein, so gering, dass sie für eine Dickenzunahme der Iris um 0,6 mm. nimmermehr zur Erklärung genügen kann. Irgend wohin aber muss der ver-

loren gegangene Körperinhalt gekommen sein, und was ist natürlicher, als denjenigen Bestandtheil des Gewebes, der überall der veränderlichste und beweglichste ist, das Blut, hiefür verantwortlich zu machen. Man braucht ja noch nicht an eine vasomotorische Erscheinung zu denken, jede mechanische Compression, welche das Gewebe der Iris trifft, ist bei deren Blutreichthum im Stande, einen Theil dieses Bestandtheiles zu entleeren.

Dass mechanische Compression der Iris wirklich Verengerung der Pupille d. h. Verkleinerung des Rauminhalts der Iris bedinge, zeigt das Glaukom, bei welchem sehr häufig Erweiterung der Pupille, in manchen Fällen in so hohem Grade eintritt, dass man kaum mehr einen Saum der Regenbogenhaut wahrzunehmen vermag. Man hat versucht, diese Erscheinung als Folge einer Lähmung der Oculomotoriusfasern während ihres intraocularen Verlaufes aufzufassen, eine solche würde aber doch nur eine mittlere Myose bedingen können, und muss denn nicht gleichzeitig aus demselben Grunde eine paralytische Myosis durch Drucklähmung der intracoularen Sympathicusfasern eintreten? Umgekehrt hat man zur Erklärung der glaucomatösen Mydriasis den Sympathicus herangezogen und eine Reizung seiner intracoularen Fasern supponirt, eine Annahme, welche wiederum ohne gleichzeitige Reizung der in den Ciliarnerven gleichzeitig mit jenen verlaufenden Oculomotoriusfasern [1]) nicht gedacht werden kann. Nach

1) Hensen und Völkers l. c.

Adamüks [1]) Untersuchungen würde ein solcher Zustand eher Myose hervorrufen müssen.

Debouzy [2]) hat diese Wirkung des Glaukoms experimentell nachgeahmt: er machte am todten Hunde die Punktion der vordern Kammer und fand dabei eine Verengerung der Pupille nur, wenn er vorher sehr viel Wasser in die Carotis injicirt hatte; injicirte er nun in das Auge Flüssigkeit, so dilatirte sich die Pupille allmälig bis zum höchsten Grad.

Das Gegenstück zu diesem Experiment bildet die Herabsetzung des Drucks in der vordern Kammer, wie wir sie zu therapeutischen Zwecken durch deren Punktion ja oft genug im allerhöchsten Grade herbeiführen. Jeder Ophthalmologe kennt die dabei sofort sich einstellende Verengerung der Pupille; wenn das Kammerwasser abfliesst, so entsteht auf der Aussenfläche der Iris eine Druckverminderung, welche durch Aspiration von Blut und dadurch bedingte Volumszunahme ausgeglichen werden muss.

---

1) Adamük, Centralblatt 1870 S. 178: »Wenn der III. zu gleicher Zeit mit dem Sympath. gereizt wird, so bleibt die Pupille in mittlerer Weite, und nur wenig enger, als die der andern Seite. Bei schwacher Reizung kann man eine Neigung zur Dilatation beobachten, bei starker aber tritt entschieden ein Ueberwiegen des Oculomotorius ein. Die Verengung der Pupille in diesem letztern Fall ist immer geringer, als bei Reizung des Oculomot. allein.«

2) l. c. p. 24. Kugel, über den Einfluss des Krystallkörpers auf die Spannung der Regenbogenhaut, Archiv f. Ophth. XVI. 1. S. 328. hat an ausgeschnittenen Augen durch Injectionen in den Glaskörperraum eine Erweiterung der Pupille nicht hervorgebracht, dagegen sah er bei Abfluss geringer Mengen von Glaskörper die Pupille sich verengen, was er durch die mangelnde Spannung Seitens der Linse erklären will.

Die Elasticität des Irisgewebes spielt sicherlich bei der Contraction der Iris eine grosse Rolle, aber seinen anatomischen Eigenschaften nach hiesse es doch wohl zu viel von ihr verlangen, wenn man ihr eine solche Elasticitätsgrösse zuschreiben wollte, als sie bei starker Contraction des Sphincter zu entwickeln gezwungen wäre. Die Contraction des Sphincter wirkt auf die Aussenwand der Gefässe ebenso wie die Punktion der vordern Kammer, er vermindert den extravaskulären Druck, welcher durch gesteigerten intravaskulären ausgeglichen werden muss, und so wird die Elasticität der Gefässwandungen, welche jedenfalls eine grössere ist, als die des intervaskulären Bindegewebes auch entsprechend mehr in Anspruch genommen.

In gleicher Weise, wie hier, wirkt in den Experimenten von Kussmaul und Brown-Séquard der vermehrte Blutzufluss, nur dass in dem einen Falle derselbe bedingt ist durch Verminderung des extravaskulären, im andern durch Vermehrung des intravaskulären Drucks, welche durch Vergrösserung des gesammten Blutinhalts bedingt ist [1]). In beiden Fällen erleiden die Gefässhäute eine Dehnung, in beiden streben diese, in ihren normalen Spannungsgrad zurückzukehren, und thun dies auch, sobald die Kraft, diese Bestrebung auszuführen, grösser geworden ist, als der intravaskuläre Druck oder

1) Debouzy l. c. S. 52 ff. hat an sich selbst Brown-Séquard's Experiment nachgemacht: er legte sich auf ein planum inclinatum, den Kopf nach Abwärts und beobachtete dabei eine, wenn auch unbedeutende Verengerung der Pupille. Ganz besonders aber überraschte ihn die dabei auftretende Verengerung der Lidspalte.

der extravaskuläre Zug. Die Folge dieser Rückkehr zur normalen Spannung ist die Erweiterung der Pupille.

Dass Vermehrung des intravaskulären Drucks, resp. vermehrte Füllung der Irisgefässe wirklich Verengerung der Pupille hervorrufe, hat in direktester Weise Mosso[1]) nachgewiesen, indem er diese durch Injection von Flüssigkeiten in die Gefässe des Auges hervorrief, auch wenn die Irritabilität der Muskeln längst erloschen war.

Den direkten Beweis dafür, dass diese Vorgänge in der That auch im Leben stattfinden, liefert die Beobachtung O. Beckers [2]), welcher an menschlichen Albinos bei Erweiterung der Pupillen stets ein Anschwellen, bei Verengerung stets ein Abschwellen der Strahlenfortsätze fand. Für die Erklärung dieser Erscheinungen ist unmöglich Etwas Anderes anzuführen, als eben das, dass zu gleicher Zeit, wo die Pupille sich erweitert, die reichen Blutadernetze der Strahlenfortsätze sich stärker füllen und wieder leerer werden, wenn sich jene contrahirt. Es ist ein einfaches Mittel der Chirurgen, die Communikation zweier Hohlräume nachzuweisen, indem man durch Druck auf den einen Volumszunahme des andern erzeugt, gewiss darf man eben so einfach und sicher schliessen, dass wenn von zwei communicirenden Hohlräumen der eine an- der andere ab-

1) Nach einem Auszug im Centralblatt 1876 p. 422, das Original war mir nicht zugänglich; es führt den Titel: A. Mosso, dui movimenti idraulici dell' iride e sull' azione dei mezzi cho servano a dilatare ed a restringere la pupilla Accademia di medicina di Torino. 1875.

2) Nach Stellwag l. c. 62.

schwillt, sich in diesem Augenblicke von dem Inhalt des letztern Etwas in den Raum des erstern ergiesst. Damit ist der Beweis geliefert, dass bei Erweiterung der Pupille ein Theil des im Irisstromgebiet enthaltenen Blutes in die Gefässe der Strahlenfortsätze ausweicht, während bei der Contraction durch verminderten Blutzufluss von der Iris oder sogar durch Rückströmen in die Iris eine Entleerung derselben bedingt wird.

2) Es muss aber auch zugestanden werden, dass der Blutgehalt der Iris, soweit er von der vasomotorischen Innervation abhängig ist, ebenfalls seine Wirkung auf die Pupille geltend macht. Es steht fest, dass während der Erweiterung der Pupille durch Reizung des Sympathicus zu gleicher Zeit auch die Gefässe derselben sich contrahiren [1]). Durch diese Thatsache verliert Bernard's Experiment seine Beweiskraft: es beweist nicht, dass die vasomotorischen Innervationsbahnen des Kopfes topographisch getrennt sind von den sogenannten oculopupillaren, sondern nur dass die vasomotorischen Bahnen für das Gesicht und die Hüllen des Schädels einerseits und die des Binnenstromgebiets des Auges [2]) plus denjenigen, welche die übrigen Erscheinungen am Auge hervorrufen, auf verschiedenen

1) Donders l. c. 21: »Da es mir gelungen ist, am weissen Kaninchen nachzuweisen, dass die Blutgefässe der Iris bei Reizung des Halssympathicus enger werden, während die Pupille sich erweitert, so finde ich keine Veranlassung, noch einen besonderen Dilatator anzunehmen.« Sonderbar ist, dass dieser Gelehrte im gleichen Werk dann doch »zu den Radiärfasern seine Zuflucht nehmen muss,« ohne seine citirte Beobachtung widerrufen zu haben. p. 489.

2) S. ob. über die Einwirkung auf den Blutgehalt des Augengrundes.

Wegen zum Halssympathicus treten. Zudem sind die Angaben Bernard's ungenau genug: er spricht nur von den »Phänomenen am Auge« im Gegensatz zu den »vaskulären und thermischen am Kopfe«; gehören zu jenen nicht die Röthung der Conjunctiva, die Hypersecretion der Thränendrüse, der verminderte Binnendruck des Auges? Andererseits spricht er bei den vaskulären Erscheinungen bloss von denjenigen des Kopfes, der Kopf ist aber ein grosses Ding und, was wir von ihm sehen, nur seine Umhüllung. Mit Recht vermuthet Debouzy, dass Bernard durch sein Experiment nicht die Trennung zwischen den vasomotorischen Bahnen des Kopfes und den oculopupillaren Fasern, sondern zwischen den vasomotorischen Nervenwegen, welche zur Carotis externa, und jenen, welche zur Carotis interna führen, aufgefunden hat. Debouzy suchte seine Vermuthung direkt zu beweisen, indem er die Temperatur der Hemisphäre nach einseitiger Durchschneidung der zwei ersten Dorsalnervenwurzeln su bestimmen suchte: das Ergebniss seiner nur geringen Anzahl von Versuchen war ein rein negatives und ist weder nach der einen noch nach der andern Seite hin von entscheidendem Einfluss. Trotzdem hat seine Vermuthung Manches für sich, jedenfalls ist das Gegentheil nicht bewiesen.

Wenn Bernard meint, die Reflexactionen der vasomotorischen Nerven können nur auf der gleichen Körperseite und in bestimmtem Umfange auftreten, so ist er damit, wie wir jetzt wissen, in grossem Irrthum befangen gewesen. Wenn man, nach Vulpian [1]), das

1) bei Debouzy l. c. 50.

centrale Ende des Nervus ischiadicus reizt, so contrahiren sich nicht bloss die Gefässe desselben und des andern Glieds, sondern diejenigen fast des ganzen Körpers. Dieses Resultat ist constant, und man kann durch das Hämodynamometer an der Carotis nachweisen, dass jedesmal bei centraler Reizung des Ischiadicus der Druck in dieser Arterie steigt, offenbar weil die Gefässe sich contrahiren und dem Blutdruck einen grössern Widerstand entgegensetzen, wodurch dieser aber nicht vermindert sondern vermehrt wird, indem das Herz, welches die gleiche Blutmenge wie vorher in Circulation zu setzen hat, durch den entstandenen Widerstand zu grösserer Kraftanstrengung herausgefordert wird. Dass dieser Reflexkrampf der Gefässe vom Ischiadicus aus auf den Sympathicus (wenigstens für die Kopfgefässe) durch die Vorderwurzeln der Rückenmarksnerven übertragen werden, lehrt die Beobachtung, dass bei Reizung des Ischiadicus die rothe Farbe der untern Zungenfläche bleich wird, eine Erscheinung, die ausbleibt, wenn man den Sympathicus durchschnitten hat, aber nur an der operirten Seite. Das sind lauter Beweise gegen die Behauptung Bernard's dass die vasomotorischen Reflexe nur an circumscripten Stellen auftreten; richtig daran ist nur, dass diese Reflexe an bestimmten Stellen in anderer Form auftreten, als sonst im Körper; es zeigt sich, dass Hautreize primär eine Verengerung der kleinen Körpergefässe mit Temperaturerniedrigung, so wie mit Vergrösserung der Zahl und Energie und der Herzschläge nach sich ziehen, dass aber im Gebiete des gereizten sensibeln Nerven und in dessen Nachbarschaft sehr rasch, fast unmittelbar darauf eine starke Erwei-

terung derselben auftritt. In den entfernten Organen bleibt die Gefässverengung bei starken Reizen, bei schwachen macht sie einer geringen Erweiterung Platz.

Wir sehen daher die von Bernard gemachten Einwürfe keineswegs für genügend an, um die Iriserweiterung auf Reizung sensibler Nerven nicht als eine vasomotorische Reflexerscheinung anzusehen; im Gegentheil stehen die an der Pupille auftretenden Erscheinungen im vollen Einklang mit den im vasomotorischen System auftretenden: auf entfernte Reize sofort Erweiterung der Pupille gleich Contraction der Irisgefässe, auf Reizung des Trigeminus an Cornea und Conjunctiva nur rasche, vorübergehende Erweiterung mit folgender Verengerung (sekundärer Erweiterung der Gefässe); die letztere fällt zusammen mit der durch das »Ueberlaufen der Augen« significirten Gefässerschlaffung im Bereich der Conjunctiva.

Gewichtiger als die eben widerlegten Einwürfe scheint der von Arlt zu sein, welcher eine Differenz bezüglich der Zeit, in welcher die beiderlei Erscheinungen auftreten sollten, constatirt haben wollte. Dem gegenüber steht die Angabe Grünhagens, dass der Zeitunterschied zwischen der Wirkung des Sympath. auf die Pupille und auf die Gefässe des Ohrs sehr gering sei, indem erstere Wirkung durchschnittlich 0,78 Sekunden, letztere 0,842 Sekunden nach der Reizung beginne.

Wenn Donders allein desswegen, weil er Gefässcontraction bei spastischer Myose keine Erweiterung auslösen sah, zu Radiärfasern seine Zuflucht nehmen zu müssen glaubt, so meine ich mit Grünhagen, dass das

unnöthig sei, man viel mehr sich wohl vorstellen könne, wie die Wirkung des Sympath. auf die Gefässmuskulatur nicht stark genug ist, um die Contraction des Sphincter zu überwinden. Dass Reizung des Sympathicus nach dem Tode trotz aufgehörter Circulation Erweiterung der Pupille hervorruft, ist ebenfalls kein Beweis gegen unsere Theorie, denn auch nach dem Tode besitzen die Gefässe noch einen gewissen Blutgehalt, der durch Compression, d. h. durch ihre Contraction, entleert werden kann. Damit stimmt überein, dass Punktion der vordern Kammer nach dem Tode in vielen Fällen keine Verengerung hervorruft, wenn es aber doch geschieht, so wirkt nachher kein Reiz mehr dilatirend [1]). Die mechanische Wirkung, welche durch den Abfluss des vordern Kammerwassers ausgeübt wird, ist eine solche, dass von dem in den Choroidalvenen etwa noch befindlichen flüssigen Blut das entsprechende Quantum zur Ausfüllung des entstandenen Raumdefekts herbeigezogen wird. Tritt die Wirkung, wie meistens, nicht ein, so ist entweder der Umstand Schuld daran, dass das Kammerwasser bereits grösstentheils verdunstet ist und die Punktion deshalb wenig Raumdefekt in der vordern Kammer verursacht, oder wir haben es darauf zu beziehen, dass das nöthige Quantum Blut nicht nachschiessen kann und der Raumdefekt daher durch Einsinken der im Tode schlaff gewordenen Cornea ausgeglichen wird.

---

1) Budge l. c. S. 64.

d) Die peripheren sensibeln Nerven und die hintern Rückenmarksstränge.

Wir haben schon im Vorigen bei Gelegenheit der Bernard'schen Einwürfe, von der Reflexdilatation der Pupille anticipando reden müssen. Es soll hier noch speziell von den betreffenden Experimenten und deren Ergebnissen die Rede sein. Von dem Experimente Bernard's [1]) und der von ihm constatirten Thatsache, dass die reflectorische Dilatation der Pupille auf Reizung eines sensiblen Nerven doppelseitig erfolge, haben wir schon Oben gesprochen. Es sei hier angefügt, dass wir die im Gefolge von Trigeminusdurchschneidung auftretende vorübergehende Myose ebenfalls zurückgeführt haben auf die Eigenschaft dieses Nerven, reflektorisch Dilatation der Pupille hervorzubringen, und stellen ihn daher dieser Orts auf die gleiche Stufe mit allen andern sensibeln Nerven des Körpers, von welch' letzteren er sich aber dadurch unterscheidet, dass nach seiner Reizung die reflectorische Mydriasis, den im vorigen Abschnitten besprochenen Gesetzen folgend, sofort in reflectorische Myose (Gefässerschlaffung) übergeht.

Schon Budge [2]) fand bei seinem Suchen nach dem ciliospinalen Centrum, dass auch Durchschneidung der Hinterwurzeln des 7.—10. Rückenmarksnerven Contraction der Pupille hervorrufe, dass jedoch diese Erscheinung nur eine vorübergehende sei. Ebenso erzielte er

---

1) Man bemerke hier auch die Angabe Heckers (Nagel J. B. S. 140), dass man bei Kitzeln empfindlicher Hautstellen eine schwache Erweiterung der Pupille wahrnehmen kann.

2) l. c. 111 u. 115.

von den hintern Rückenmarksnervenwurzeln aus durch elektrische Reizung Erweiterung der Pupille, aber nicht so stark, wie bei der der Vorderwurzeln, und nur, wenn sie den centralen Stumpf der durchschnittenen Hinterwurzeln betraf. Budge zog hieraus den Schluss, dass auch diese centripetal verlaufenden, die Irisbewegung bestimmenden Nerven dem Sympath. angehören, dieser also zugleich durch Reflex excitirende und direkt motorische Fasern in sich berge. Durch die Beobachtung Bernard's ist gezeigt, dass die betreffenden Fasern der Hinterwurzeln von der peripherischen Ausbreitung der sensiblen Nerven herrühren. Foa [1]) hat in einer Reihe von Experimenten dieselbe bestätigt gefunden: er fand Dilatation der Pupille bei Durchschneidung von Haut, Unterhautzellgewebe, Muskeln, Sehnen, bei direkter Reizung sensibler Nerven; die Erscheinung an der Pupille trat bei Reizen von so kurzer Dauer und so geringer Intensität auf, dass ausser ihr an den Thieren weder offenbare Zeichen von Schmerz noch irgend welche Bewegungen zur Beobachtung gelangten. Damit die Wirkung aber eintritt, müssen die Wege zum Centrum vollständig unversehrt sein: wenn das verlängerte Mark durchschnitten ist, ist es unmöglich, durch irgend einen peripheren Reiz Mydriasis hervorzurufen; wenn die Wirkung bei Reizung des Ischiadi-

1) La pupille considéré comme ésthésiomètre pas M. Schiff. Traduction de l'Italien par Guichard de Choisity. Paris 1875. p. 9 ff. Ueber den verschiedenen Grad, in dem die Mydriase eintritt, je nachdem man verschiedene Gewebe reizt (Haut, Muskel, Gehirn etc.) und aus welchem Schiff die Empfindlichkeit derselben ersehen will, s. das Original.

cus auch nach Durchschneidung der Hinterstränge des Rückenmarks auftritt, so hängt das eben davon ab, dass der Weg zum Centrum eben auch durch die graue Substanz offen steht. Wurden im Niveau des letztern Brustwirbels die Hinterstränge des Rückenmarks gereizt, so führte das Dilatation der Pupille herbei, wurde dagegen der vordere und seitliche Theil der grauen Substanz und die Vorder- und Seitenstränge einer Reizung unterworfen, so blieben die Pupillarerscheinungen aus.

Aus diesen Versuchen ergibt sich, dass von den sensibeln Nerven des Rückenmarks sich ein auf sie einwirkender Reiz centralwärts fortsetzt, durch die Hinterstränge dem Gehirn zustrebt und dort, und zwar über dem verlängerten Mark in einem noch unbekannten Reflexcentrum auf motorische Fasern übergeht, welche durch die Vorderstränge herabtreten, sich dem Sympath. beigesellen und im Auge Pupillarerweiterung erzeugen.

Aus Foa's Versuchen geht aber auch hervor, dass diese Pupillarerscheinung nicht das Einzige ist, was durch Reiz sensibler Nerven auf dem Wege des Reflexes am motorischen Nervenapparate hervorgerufen wird. Schon Miescher und Dittmar [1]) hatten den Versuch gemacht, an der Thatsache, dass bei Reizung peripherer sensibler Nerven der Blutdruck zunimmt unabhängig vom Willen des Thiers und dass die verschiedenen Stufen dieser Drucksteigerung in einem gewissen Verhältniss zur Stärke des Reizes stehen, einen

1) Citirt von Schiff l. c. S. 6.

Gradmesser der Empfindung aufzustellen [1]). Nach Foa's Versuchen aber hält Schiff beide Erscheinungen, die an der Pupille und die im Blutdruck, für getrennt und glaubt schliessen zu dürfen, dass Dilatation der Pupille sich nach einem momentanen Reize zeige, der den Blutdruck nicht alterire, und ebenso soll jene auftreten bei ganz schwachen Berührungen, die keinen Einfluss auf den intravaskulären Druck d. h. die Contraction der Gefässe (und eine hier ausser Acht gelassene Erscheinung in der Herzbewegung) auszuüben im Stande sind. Bei aufmerksamer Prüfung der Foa'schen Versuche habe ich mich keineswegs von der Richtigkeit der Schlüsse Schiff's überzeugen können. Nur Eines aus den besagten Experimenten [2]) scheint auf den ersten Blick mit der Annahme, dass Iriscontraction und Steigerung des Blutdrucks auf das Nämliche, nemlich Contraction der Gefässe, zurückzuführen sei, in Widerspruch zu stehen: Foa fand nemlich bei mechanischer und schwacher elektrischer Reizung der Seitenstränge Steigerung des Blutdrucks, aber keine Erweiterung der Pupille, nur bei sehr starken Strömen erweitert sie sich etwas, die Dilation verschwindet aber wieder, ehe der

---

1) Dass man diese Blutdrucksteigerung als Zeichen ansehen darf, ob das Thier Schmerz empfinde, scheint mir kaum zulässig zu sein; ebensowenig aber auch die Veränderung der Pupille, weil ich sie für identisch mit jener halte. Beide gaben einzig und allein ein Zeichen von vermehrtem oder vermindertem Reizzustand des peripheren sensiblen Nervensystems, aber nicht den geringsten Anhaltspunkt zu einem Schluss auf die subjective Empfindung, die das Thier davon besitzt. Als »ésthésiomètre« im letztern Sinn kann daher die Pupille nicht benützt werden.

2) Der dritte l. c. S. 10 ff.

Strom durch das Rückenmark aufgehört hat; der Blutdruck aber hält sich auf der von ihm erreichten Höhe. Nähert man sich mit dem Strome den Hintersträngen, so erhält man eine stärkere Pupillarreaction, welche aber gleichwohl nur vorübergehend ist, während der Druck im Manometer auf 180 mm. steigt (ursprünglich 112 mm. in der Carotis).

Die Erklärung hiefür ist einfach: in den Vorder- und Seitensträngen verlaufen centrifugale [1]) Fasern zu den Muskeln der Gefässe; wird nun ein Theil davon gereizt, so contrahiren sich die Gefässmuskeln der dazu gehörigen Stromgebiete, und unter der Einwirkung dieses Widerstands steigt der arterielle Druck. Die betreffenden Stromgebiete gehören in den betreffenden Experimenten den hintern Extremitäten und dem Unterleib an, weshalb es sehr leicht erklärlich ist, warum Pupillarerscheinungen ausbleiben. Rückt man dagegen mit dem reizenden Strom gegen die Hinterstränge zu, so dass diese mitbetroffen werden, so contrahiren sich auch die Gefässe in den Stromgebieten des übrigen Körpers auf reflectorischem Wege und im Verein damit sehen wir auch die Abschwellung der Iris. Dass diese Erklärung die richtige ist, beweist aber auch das Verhalten des Blutdrucks. Während sein Ansteigen

1) Der Ausdruck centrifugal ist natürlich, wie auch schon wiederholt das Wort centripetal, nur der Kürze halber gebraucht, da Verf. wohl weiss, dass alle Nerven die auf sie übertragenen Reize nach beiden Seiten hin übertragen. Der Ausdruck soll in diesem Falle nur besagen, dass die Erscheinungen, an welchen wir die Einwirkung eines Reizes auf die betreffenden Nerven constatiren und messen, nicht dem Centrum, sondern der Peripherie angehören.

bei Reizung der Vorderstränge und Seitenstränge nur ein mittleres ist (das Versuchsthier war ein junger Hund mit einem Blutdruck von 112 mm. Quecksilber in der Carotis), nemlich von 113 mm. auf 140 mm. Hg, stiegen bei Miteinbeziehung der Hinterstränge auf 180 mm. und darüber, entsprechend dem durch Contraction einer grössern Zahl von Arterien auch grösser gewordenen Widerstand.

Es liegt somit gar nichts vor, was als entscheidender Beweis dagegen angeführt werden könnte, dass die mit Steigerung des Blutdrucks auf Reizung peripherer Nerven gleichzeitig auftretende reflectorische Contraction der Iris auch in derselben Ursache wurzle, nemlich in einer Contraction ihrer so zahlreichen Gefässe.

e. Schlussbetrachtung.

Als Ergebniss der bis jetzt angeführten anatomischen und physiologischen Data möge folgende Theorie der Irisbewegung hier Raum finden:

Die Weite der Pupille hängt ab von der continuirlichen Einwirkung zweier in entgegengesetztem Sinn ihren Einfluss geltend machenden Kräfte: die eine davon äussert sich in der Contraction des Sphincter, die andere in der Contraction der Gefässe und der davon abhängigen verschiedenen Höhe des intravaskulären Drucks. Die Contraction bedingende Kraft findet ihren Weg zu der Stelle ihrer Aeusserung in der Bahn des Oculomotorius und entsteht (abgesehen von andern, im Folgenden zu besprechenden Ursachen) während des Wachens durch die von dem Einfluss des Lichts herstammende dauernde Reizung des zweiten Gehirnnerven.

Daneben findet zur Zeit des Wachens auch eine beständige Reizung [1]) der sensibeln Nerven des Körpers statt, die sich, selbst in ganz geringen Graden, reflectorisch auf die vasomotorischen Nerven fortsetzt, so dass der arterielle Blutdruck stets in einem bestimmten Verhältniss zum Reizzustand des sensibeln Theils des peripheren Nervensystems sich befindet. Die Steigerung oder Verminderung des intravaskulären Drucks zeigt sich an der Iris in deren Dilatation zu einer Zeit, wo solche Schwankungen anderwärts noch kaum gemessen werden können, weil dieses Organ eben auf kleinem Gebiet eine übergrosse Anzahl von Gefässen und daher einen enormen Blutreichthum besitzt, bei welchem schon eine geringe Abnahme zum Sichtbarwerden genügt. Die Iris erhält also durch den fortwährenden reflectorischen Einfluss Seitens der sensiblen Nerven einen mit diesem wechselnden Spannungszustand, zu Folge dessen sie der Pupille eine bestimmte Weite zu ertheilen bestrebt ist.

Durch die fortwährende Einwirkung des Opticus, resp. Oculomotorius wird aber dieser Spannungszustand überwunden, die Gefässe werden gezwungen, sich auszudehnen und für den entstehenden Raumverlust aus der Nachbarschaft Ersatz zu holen in Form von nachströmendem Blut. Die Contraction des Sphincter ist aber nur im Stande, die Elasticität der contrahirten Arterienwände bis auf einen gewissen Punkt zu überwinden, welcher von zwei Bedingungen abhängig ist: erstens von der Kraft seiner eigenen Contraction und

1) Durch tactile, thermische etc. Eindrücke, vielleicht sind auch die Gefühlsnerven der Muskeln mit im Spiele.

zweitens von der Kraft der Zusammenziehung der Gefässmuskulatur: je grösser die erstere, je geringer die letztere, desto enger die Pupille, je geringer die erstere, je grösser die letztere, desto weiter ist das Sehloch. Die Weite der Pupille am gesunden wachenden Menschen ist daher immer ein direktes Zeichen von dem Verhältniss, in welchem der Reizzustand des sensibeln Nervensystsms steht. Wenn sich daher die Pupille dilatirt, beim Eintritt von hellem Licht in dunkles, so ist dies ein mechanischer Vorgang, bedingt durch die Elasticität der bei gleich bleibendem Zustand der peripheren sensiblen Nerven in gleichem Grade contrahirten Gefässmuskeln, dilatirt sie sich aber, wenn bei gleich bleibender Lichtwirkung einen Theil des peripheren Nervensystems ein erhöhter Reiz trifft, so ist dies ein activer, dynamischer Vorgang, bedingt durch Contraction der Gefässwände, wodurch der sich gleichbleibenden Kraft der Sphinctercontraction ein erhöhter Widerstand entgegen tritt, der sich eben durch theilweise Ueberwindung der erstern in Pupillendilatation äussert.

Der absolute Mittelwerth der Pupillenweite würde demnach derjenige sein, bei welchem die Kraft, welche auf den Sphincter wirkt, äqual ist der Kraft, welche auf die Gefässe wirkt. Nach Adamüks Experiment, welcher zu gleicher Zeit den Nervus III. und den Sympathicus mit gleichen elektrischen Strömen reizte, würde dieser Zustand einer geringen Myose entsprechen, und man kann sich auch wirklich a priori diesen Zustand denken: setzt man die auf beide Faktoren wirkende Kraft gleich Null, so geht beiden ein wirkendes Moment verloren, die Muskelcontraction, aber es bleibt für die

Verengerung ein Moment bestehen, nemlich das Blut, welches die nunmehr erschlafften Gefässe in grösserer Menge zu füllen vermag.

Diese beiden Momente sind vollständig genügend, die Gesammtheit der Pupillarbewegung zu erklären, und ich muss gestehen, dass ich eine besondere Muskelwirkung für die Dilatation der Pupille in Anspruch zu nehmen keineswegs für nöthig halte. Die anatomische Existenz radiärer Muskelfasern, für welche so gewichtige Autoritäten sprechen, allein ist es, Angesichts derer ich es dahin gestellt sein lassen muss, ob nicht neben der vasomotorischen Wirkung des Sympathicus eine spezifische auf diesen Muskel stattfinde. Unter keinen Umständen aber vermag dieser die Erscheinungen der Pupillendilatation allein hervorzurufen, dazu ist er zu schwach und zu ungünstig situirt; vermöge seiner Contraction würde er, wie Stellwag richtig bemerkt, keine Verkleinerung, sondern eine Faltung der Iris bedingen müssen. Die Möglichkeit, dass dieser Muskel gleichzeitig mit den Gefässmuskeln innervirt wird und eine die Wirkung der letztern in Etwas unterstützende oder modificirende Thätigkeit entfalte, mag immerhin zugestanden werden.

3) Die Erscheinungen der Irisbewegung im Besonderen.

Wir haben nun noch die zum Schlusse des vorigen Abschnittes aufgestellte Theorie an denjenigen Thatsachen zu prüfen, welche unter den verschiedenen Einflüssen, welche den gesunden Körper treffen, Veränderungen an der Pupille hervorrufen, sowie an einzelnen

dem physiologischen Experimente analogen lokalen pathologischen Erfahrungen, um endlich noch eine kurze Betrachtung über die durch Medicamente herstellbaren Verhältnisse anzuschliessen.

a) Die Wirkung des Lichts auf die Pupille.

Lichtreiz verengt die Pupille und zwar bloss, wenn er auf die Retina gelangt [1]). Weber [2]) hat mit Hilfe einer Linse, die er in der gleichen Weise handhabte, wie der Oculist es bei der Focalbeleuchtung thut, dieselbe Thatsache nachgewiesen, und man kann sich vermittelst dieser Untersuchungsmethode von der Richtigkeit jener jederzeit überzeugen. Wir finden das ganz in Uebereinstimmung mit dem Experiment über Opticusreizung, da wir ja wissen, dass Licht ein spezifischer (homologer) Reiz für diesen Nerven ist, und es erstaunt uns nicht, wenn wir bei amaurotischen Menschen so wenig wie bei Kaninchen, denen man den Opticus durchnitten hat [3]), Reaction der Pupille auf Licht eintreten sehen. Das Bestehenbleiben derselben bei gewissen Erblindungsformen hat Gräfe's Scharfsinn [4]) verstehen gelernt, indem er den Sitz ihrer Ursache in denjenigen Theil des Opticusverlaufs verlegte, welcher zwischen seinem Eintritt in's Gehirn an der Stelle, wo sich seine reflexerregenden Fasern abzweigen, und zwischen dem Sitz der Lichtperception sich befindet.

Der Umstand, dass bei reifer Cataract, welche jedes

1) Fontana, dei motto dell' Iride 1865.
2) l. c. 30.
3) Budge l. c. S. 136.
4) Gräfe, Archiv f. O. II. 1. S. 270.

Erkennen aufhebt, das zerstreute Licht in beinahe ungeschwächter Weise Pupillarcontraction auszulösen vermag, lehrt uns, dass es lediglich die quantitative Erregung der Netzhaut ist, welche dieselbe hervorbringt[1]). Diese Quantität des die Netzhaut treffenden Reizes ist von zwei Faktoren abhängig, einmal von der Intensität [2]) des betreffenden Lichtes und dann von der Flächenausdehnung (Extensität) der betroffenen Retinastellen. Von Beiden ist nachgewiesenermassen [3]) die Enge der Pupille beeinflusst. Die Einzelheiten der einschlägigen Messungen sind an dieser Stelle ohne Werth [4]).

Von grösserer Wichtigkeit dagegen ist, dass Licht-

---

1) Gräfe, A. f. O. II. 1. 269.

2) Budge, l. c. S. 154, lässt das Quantitative des Lichtreizes nur durch die beleuchtete Fläche ausgedrückt sein, während er die Intensität des Lichts als eine Qualität darstellt. In ihrer Einwirkung auf die Retina wirkt sie jedenfalls quantitativ, indem das intensivere Licht einem grösserem Quantum von Reiz entspricht.

3) cfr. Lambert, Olbers, Treviranus bei Budge, Weber l. c., Budges eigene Messungen l. c. 149 ff.

4) Wie mir scheint, auch an und für sich nicht, schon deshalb nicht, weil man zur Messung einzig und allein die Zunahme des Pupillendurchmessers genommen hat. Das die Erscheinung bedingende Moment ist die Verkleinerung des Rauminhalts der Iris und diese Ursache, nicht die blosse augenfälligste Erscheinung hätte man sollen zu Grunde legen. So ist es nicht überraschend, dass keine befriedigenden Resultate vorliegen. Ich habe auf Grund der Angaben Lamberts (nach Aubert l. c. 453) solche, in ihrer Ausführung nicht hierhergehörigen, Körperrechnungen angestellt und dabei gefunden, dass der Körperinhalt der Iris annähernd im umgekehrten Verhältniss steht zum Gesichtswinkel, unter dem in jenen Versuchen die Lichtquelle gesehen wird.

einfall in Ein Auge auch Verengerung des andern verursacht. Man hat die Zusammenziehung im gereizten Auge directe, die im andern consensuelle genannt. Die Beobachtung kann man vor dem Spiegel oder durch die entoptische Methode (durch eine kleine Oeffnung in einer dunkeln Platte) hundertmal an sich selbst machen. Donders hat sich durch eine Reihe von Versuchen überzeugt, dass die consensuelle Bewegung der Pupille völlig gleichzeitig mit derjenigen des gereizten Auges auftritt und endigt. Es ist behauptet worden (Ponterfield), dass die Bewegung zwar auf beiden Augen stattfinde, aber nicht in gleich hohem Grade; schon Weber [1]) hat das bestritten und gibt höchstens einen kaum merklichen Unterschied zu. Wenn man, wie ich das des Oeftern gethan habe, ein Auge zudeckt und nun sorgfältig die Weite der Pupille am geöffneten sich merkt, dann rasch das zugedeckte Auge entblösst und sofort seine Aufmerksamkeit auf dieses richtet, so wird man sich überzeugen, dass das bedeckte Auge in dem Moment der Entblössung, ehe seine Contraction unter dem Einfluss des einfallenden Lichts begonnen hat, denselben Pupillenzustand besessen hat, wie das andere. Weber [2]) schliesst daraus im Gegensatz zu Porterfield, welcher nur von einer Sympathie beider

1) l. c. 7. »Non plane igitur cum Porterfieldo assentior etc.«

2) Er macht darüber einen niedlichen Vergleich: »Quemadmodum diacta daubus fenestris illustrata, multo clarior, quam altera fenestra tecta, perdit enim dimidiam luminis partem, it.a cerebrum etiam fortiorem luminis vim patitur, si lumen utroque oculo, quam si tantum uno oculo respicit, vis luminis enim in cerebrum hoc casu non nisi dimidia erit.«

Augen spricht, dass beiden Augen innerhalb des Gehirns ein einziges Centrum zugeschrieben werden müsse. In der That, im Verein mit Adamüks Versuchen, werden wir nicht mehr zweifeln, dass in den Vierhügeln ein einziges Centralorgan für die gemeinsame Bewegung beider Pupillen gefunden sei, wobei es dahin gestellt sein mag, welche Rolle die Semidecussation der Fasern des Opticus dabei spielt; nach Stellwag [1]) soll sie allein genügen, die beiderseitige Reaction bei einseitiger Reizung zu erklären. Dass übrigens zwischen diesen beiden Thatsachen ein Zusammenhang herrscht, geht aus dem Verhalten der Pupillen beim Kaninchen hervor: ich habe während einer Reihe von Versuchen über Chloroformwirkung auf die Pupille zahlreiche Beobachtungen und Messungen an Kaninchenaugen ausgeführt und stets einen bedeutenden Unterschied zwischen der dem Lichte zugewandten und der entgegengesetzten Seite constatirt. Liess ich durch eine Linse concentrirtes Licht auf die Retina fallen, so contrahirte sich die betreffende Pupille sofort ad maximum, während die des andern Auges weit offen blieb. Umgekehrt fand ich, dass bei verschiedener Beleuchtung die Pupillen beider Augen während der ganzen Zeit des Chloroformirens ungleich weit blieben bis zu einem bestimmten Zeitpunkte, offenbar demjenigen, wo unter der Einwirkung des Medicaments die Innervation Seitens des Oculomotorius aufgehört hatte; in diesem Augenblicke war die dem Lichte zugekehrte Pupille genau so weit, wie die beschattete. Beim Kaninchen findet, wie physiologische (s. o.)

1) l. c. 88.

und anatomische Untersuchungen unzweifelhaft darthun, nicht eine theilweise, sondern eine totale Faserkreuzung im Chiasma statt. Sollte uns diese Thatsache, dass bei Thieren mit vollkommener Sehnervenkreuzung nur einseitige Pupillarreaction auf Licht stattfindet, nicht einige Berechtigung zu dem Schluss geben können, dass bei Thieren mit beiderseitiger Reaction als anatomischer Grund eine Semidecussation da sei? Es kommt dazu noch der Umstand, dass zu der erstern Gruppe gerade diejenigen Thiere gehören, welche wegen des seitlichen Standes ihrer Augen des binocularen Sehens sich nicht zu erfreuen haben.

Mit der Thatsache der beiderseitigen Pupillarreaction auf Licht stimmt auch das Verhalten bei einseitiger Amaurose, wo man stets findet, dass bei Lichteinfall in das kranke Auge in diesem keinerlei Reaction auftritt, dass es aber auf den das gesunde Auge treffenden Lichtreiz in gleicher Weise sich verhält, wie dieses. Man sieht deshalb bei einseitiger retinaler Erblindung die Pupille im Verhältniss zu der des gesunden nicht erweitert [1]), sie bewegt sich so vollständig wie die andern, nur wenn letztere verdeckt ist, bleibt sie starr und unbeweglich.

Bei doppelseitiger Amaurose bleibt die Pupille auf Licht ganz unbeweglich, wenn die dieselbe bedingende Veränderung in jener Leitungsbahn liegt, welche vom Auge zum Uebergangspunkt des Reflexes auf den

1) In Wirklichkeit müssen beide Pupillen erweitert sein, weil nach Verlust der Leitungsfähigkeit eines Opticus nur noch die Hälfte des einwirkenden Lichtreizes auf das Reflexcentrum übertragen wird.

Oculomotorius führt. Von den Ausnahmen hievon war schon früher die Rede.

Aber nicht blos Leitungsunterbrechungen im Sehnerven machen die Pupillarreaktion auf Lichteinfall ausbleiben, sondern überhaupt Leitungsunterbrechungen in jener Kette von Bahnen, die von der Retina durch Opticus, Vierhügel und Oculomotorius führen, also Lähmung des Oculomot.[1]), aber nur wenn sie eine vollständige ist, also die ciliaren Aeste mitbetrifft. Die Pupille erscheint dabei mässig dilatirt, absolut unbeweglich auf jeden, sonst Bewegung des Oculomot. auslösenden Reiz. Der Sphincter kann sich nicht contrahiren, die Iris befindet sich in derjenigen Lage und Ausdehnung, welche dem jeweiligen Spannungszustand im Gebiete ihrer Gefässmuskulatur entspricht. Im Unterschied zur Pupillarunbeweglichkeit bei Amaurose findet man in diesen Fällen unter gar keinen Umständen mehr eine Aktion des Sphincter[2]), während dort alle

---

1) Es sind auch Fälle mitgetheilt (Trnka de Krzowitz hist. amauros. nach Budge 135), wo Kranke noch mässig gut sahen, obwohl die Pupille weit und unbeweglich war. Wenn dies, was nicht näher bezeichnet ist, keine Oculomotoriuslähmungen waren, so kann es sich nur um Herde in dem fraglichen Reflexcentrum selbst oder in den Pupillarfasern an einer Stelle gehandelt haben, wo sie noch nicht mit den übrigen Oculomotoriusfasern sich vereinigt haben.

2) Wenn Wharton Jones, failure of light from railway and other injuries of the spine and head, London 1869 S. 176 einen Fall von Oculomotoriuslähmung anführt, wo bei Beschattung die Pupille sich noch etwas erweiterte, bei plötzlichem Lichteinfall aber sich verengte, und das damit erklärt, dass »the pupil, which had become slightly more dilated by the ation of the dilator muscle called forth by the darkness, was brought to the widdle

von der Netzhaut unabhängigen Einflüsse sich jederzeit geltend zu machen im Stande sind.

Es sei hier noch kurz jener Fälle gedacht, wo Lichteinfall Erweiterung der Pupille bedingte; es wurde dies beobachtet bei manchen Hirnleiden. In Rüte's [1]) Fall handelte es sich um einen Apoplectiker, dessen Pupillen im Dunkeln eng waren, sich aber erweiterten, wenn man helles Licht einfallen liess. Budge hat eine Erklärung dafür zu geben versucht, der man sich nicht leicht anschliessen kann. Der starke Lichtreiz soll in dem geschwächten Opticus nur eine Wirkung hervorgebracht haben, wie es sonst schwaches Licht zu thun pflegt, und soll eine dem letztern entsprechende Pupillenweite daraus resultirt haben. Dann müsste aber eine noch geringere Lichtstärke auch einen noch geringern Reizzustand und damit noch grössere Dilatation, nicht aber, wie im angeführten Fall Contraction der Pupille erzeugt haben. Ich wage kaum, die Vermuthung aufzustellen, dass in solchen Fällen vielleicht eine aussergewöhnliche Empfänglichkeit der sensiblen Nerven des Gesichts gegen Lichteinwirkung da war und durch diese, auf reflectorischem Wege Contraction der Gefässe und des sie unterstützenden Dilatator hervorgerufen

---

state by the elasticity of the iris«, so scheint mir diese Auslegung doch etwas kühn zu sein. Das Erste, woran man in einem solchen Falle denkt, ist das, dass es sich neben Paralyse in den übrigen Zweigen des Oculomot. eben nur um Parese der Pupillaren gehandelt habe, ein keineswegs seltenes Vorkommniss (cfr. Eulenburg, Lehrbuch der funktionellen Nervenkrankheiten, Berlin 1871 S. 478).

1) l. c. p. 93.

worden sei. Schon eher möchte eine Erklärung auf dieser Grundlage für jene Fälle von Amaurose passen, welche nicht mit der leicht verständlichen gewöhnlichen Pupillenweite einhergehen, sondern wo die Iris beständig in hohem Grade zurückgezogen erscheint. Es ist eine allbekannte Thatsache, dass bei Blinden oft eine merkwürdige Zunahme des Tastsinns im Stande ist, ihnen ihr verlorenes Gesichtsorgan einigermassen zu ersetzen; wenn die sensibeln Nerven im Stande sind, geringere Reize, als sonst dem Bewusstsein zuzuführen, so kann man sich ja auch denken, dass sie leichter und häufiger Reflexreize auslösen. Eine häufigere und stärkere Contraction der Gefässmuskeln und des Dilatator könnten bei gleichzeitiger Lähmung des Sphincter ganz gut erklären, dass, besonders wenn dieser Zustand lange gedauert hat, eine permanente Dilatation auftritt. Man kann ja in ganz ähnlicher Weise beobachten, dass nach Durchschneidung des Nervus facialis (bei chirurg. Operationen) Anfangs in der Nähe beide Gesichtshälften gleich sind und nur bei Bewegungen die gelähmte Seite hinübergezogen wird, während später durch die fortgesetzte Dehnung Seitens der gesunden Seite perpetuirlich eine Abweichung nach dieser zu beobachtet wird. Wharton Tones [1]) glaubt diese Erscheinung auf eine perpetuirliche spastische Contraction des Dilatator zurückführen zu müssen, hervorgerufen durch die Abwesenheit des Lichtreizes für die Retina, wie er überhaupt dieses Fehlen des Lichtreizes als die Bedingung ansieht, unter welcher der Musculus dilatator in Aktion

1) l. c. 181 ff.

trete. Weder für das Eine noch für das Andere ergibt die Physiologie einen Anhaltspunkt: man kann doch nicht dem blossen Fehlen eines Reizes einen positiv reflectorischen Effekt zuschreiben, jedenfalls müsste man die Dunkelheit als einen positiv wirkenden Reiz für irgend einen Nerven des Auges gelten lassen. Die Wege, auf welchen ein solcher wirken könnte, sind völlig unbekannt; von centripetalen Fasern des Sympathicus, wie Jones meint und dabei vielleicht an Budges Versuche denkt, kann nach dem, was wir hierüber gefunden haben, keine Rede sein. Der einzige Nerv, der auf experimentellem Wege ähnliche Wirkung auslöst, wäre der Trigeminus, welcher in seiner Wirkung auf die Pupille allen andern sensibeln Nerven gleichkommt d. h. reflectorische Dilatation auslöst. Man kann daher wohl zugeben, dass Dunkelheit möglicherweise als Reiz für den Trigeminus (oder andere sensible Nerven) wirke, wohl aber nicht in der Weise, dass dieser Reiz der Dunkelheit ein specifischer sei, wie der des Lichts auf die Retina, sondern so, dass die Dunkelheit selbst einen vermehrten Gefühlseindruck hervorruft, oder, was das Wahrscheinlichere ist, dass in der Dunkelheit, wo dem Sensorium die Orientirung durch das Auge abgeht, eine erhöhte Anspannung des gesammten sensitiven Apparates auftritt, welche sich in Erhöhung des Tastgefühls direkt, Erweiterung der Pupille reflectorisch zeigt.

b) Irisbewegung bei der Accommodation.

Wenn die Augen eines Menschen, welcher einen in der Ferne liegenden Gegenstand beobachtet hat, sich

einen näher liegenden als Wahrnehmungsobject auszuersehen im Begriff sind, sehen wir an ihnen stets dreierlei verschiedene Veränderungen auftreten: die Accommodation, die Convergenz der Sehaxen und eine Verengerung der Pupille. Es ist allgemein bekannt, dass die erste davon primär zu Stande kommt, damit die von dem nahen Punkte ausgehenden Strahlen die zum Deutlichsehen nöthige Brechung erfahren, die zweite eine nothwendige Folge des binocularen Sehens darstellt, während man der dritten die Bedeutung einer Mitbewegung bei der zu den ersten zwei nöthigen Innervation des Oculomotorius zugelegt hat. Man hat dabei zwei verschiedene Ansichten vertheidigt: die Einen halten die Pupillarbewegung näher der Accommodationsbewegung[1]), die Andern mehr der Sehaxenconvergenz adjungirt. Für uns ist das Eine, wie das Andere gleichwerthig, wenn wir nur wissen, auf welcher Bahn der betreffende Impuls verläuft, und, dass diese dem Oculomotor. angehört, scheint keinem Streite zu unterliegen. Ebenso kann der Streit, ob man den zur Pupillarverengerung bei Accommodation ausgehenden Reiz als vom Willen ausgehend auffassen müsse oder nicht, als ein ziemlich müssiger angesehen werden.

c) Pupillen in Schlaf, Agonie und Tod.

Im Schlaf sind nach dem Zeugniss einer Reihe von Beobachtern und wie ich selbst wahrzunehmen Gelegenheit gehabt habe, die Pupillen contrahirt. Oeffnet man

1) Donders l. c. 485, Rüte l. c. 95, Le Conte nach Nagels J. B. I. 139 u. a.

2) Weber l. c. 12, Arlt l. c. 31.

mit Gewalt die Augenlider und erweckt den Schlafenden, so sieht man trotz Lichteinfalls die vorher contrahirte Pupille sich erweitern, um sich erst nachträglich wieder zu contrahiren, jedoch nicht auf den Grad der Enge, welchen sie während des Schlafes besessen hatte. Man hat für diese Erscheinung bis jetzt noch keine genügende Gründe beigebracht. Die Einen [1]) halten sie für bedingt durch eine Contraction des Sphinkters, in ähnlicher Weise zu Stande gekommen, wie der Blasen- und Mastdarmschliesser, um, wie Weber meint, alles Licht, welches noch durch die geschlossenen Lider hindurchdringen soll, von der Netzhaut abzuhalten. Andere [2]) nehmen ebenfalls eine aktive Betheiligung von Seite des Oculomotorius an, wobei sie der betreffenden Bewegung den Namen einer Mitbewegung mit andern Aesten dieses Nerven verliehen, eine Ansicht, deren Berechtigung in einer gleichzeitig im Schlaf auftretenden Richtung des ganzen Bulbus nach Innen und Oben seinen Grund haben sollte. Weiterhin ist die Pupillenenge einfach als der normale Ruhestand aufgefasst worden [3]), ohne dass jedoch auf diese Weise eine genügende Uebereinstimmung mit der allgemein angenommenen Theorie vom Sphincter und vom Dilatator

---

1) Weber l. c. 17. Ebenso Arlt l. c. II. S. 32.

2) Johannes Müller nach Rüte, Budge u. A.

3) Rüte l. c. 97 erklärt den Ruhezustand in ähnlicher Weise wie ich, aus der gesunkenen Empfindlichkeit der sensiblen Nerven, welche er aber nicht als Aufheben eines Reizes für den Dilatator (wohl weil dann enge Pupille aus den nebenangeführten Gründen nicht stimmen würde), sondern als einen Reiz für den Sphinkter anzusehen scheint, gestützt auf die Erfahrungen über Trigeminusdurchschneidung.

herzustellen gewesen wäre. Als letzte Ansicht endlich sei noch diejenige erwähnt, welche im Schlafe ein Vorherrschen des Gangliensystems annimmt, in der Weise, dass das Ganglion ciliare eine Contraction des Sphincter hervorrufe, welche beim Erwachen durch Aufhören dieser Influenz einer durch die Elasticität der Iris herbeigeführten Dilatation Platz mache; die darauf folgende Verengerung wäre dann durch Wiedereintreten der Oculomotoriuseinwirkung auf Lichtreiz zu erklären [1]).

Alle diese Erklärungsversuche müssen als ungenügend erachtet werden: enge Pupillen als Stand der Ruhe anzusehen, geht für diejenigen, welche für die Bewegungen der Iris nur einen Dilatator und Sphincter annehmen, ein- für allemal nicht an: der Ruhezustand eines Gegenstandes, welcher von zwei antogonistisch wirkenden Kräften verlängert oder verkürzt werden kann, ist nothwendigerweise in der Mitte zwischen den beiden extremen Zuständen zu suchen. Die Mitbewegungstheorie hat man verlassen müssen, nachdem sich herausgestellt hat, dass ihre Voraussetzung, die Bewegung des Bulbus, Nichts Constantes ist. Ueberhaupt muss die Annahme einer aktiven Betheiligung des Oculomotorius als unrichtig bezeichnet werden, möge sie nun auf der Zweck- und Analogietheorie Webers, auf der supponirten Mitbewegung mit dem Musculus rectus internus oder auf der vermeinten vermehrten Einwirkung des Ganglion ciliare beruhen. Die Erscheinung ist auch zu beobachten unter Verhältnissen,

1) Weitere Beiträge zur Vervollkommnung der Augenheilkunst. Dr. f. Ph. Ritterich. Leipzig 1861. p. 45.

wo keinerlei Einwirkung des Oculomotorius auf die Pupille mehr zu constatiren ist: bei Amaurotischen, wo während des Wachens weite, unbewegliche Pupillen vorhanden waren, fand man dieselben im Schlafe eng contrahirt[1]).

Ist unsere oben aufgestellte Annahme richtig, dass sich bei der Bewegung der Pupille zwei reflectorisch wirkende Kräfte betheiligen, deren eine durch Muskel, die andere durch Gefässcontraction und -füllung, theilweise vielleicht auch durch Muskel in Wirkung tritt, so ist die Erklärung der in Frage stehenden Erscheinung eine verhältnissmässig einfache. Die Enge der Pupille im Schlafe erscheint darnach als deren normaler Ruhezustand: beide Reflexkräfte sind unter dem Einfluss des Schlafs ausser Thätigkeit gesetzt; wäre der Ausdruck beider Kräfte in Muskelcontraction zu suchen, so müsste das Resultat des Ausbleibens beider eine Mittelstellung der Pupille sein. Zu der Erschlaffung der Gefässmuskulatur tritt nun aber bei Ausbleiben des sensiblen Reflexes noch ein weiterer Faktor, nemlich die natürliche Folge jener: erhöhte Füllung der Gefässe mit Blut. So wirkt also nach Erschlaffung beider Faktoren die Erschlaffung des einen in weit geringerem Grade erweiternd, als die des andern verengernd. Erschlaffung der Gefässmuskulatur im Schlafe wirkt durch die Elasticität der Gefässwandungen ebenso oder noch mehr Blut attrahirend, als die Contraction des Sphincter im Wachen, da dieser dabei immer auch noch eine

1) Rüte l. c. 97 führt eine ganze Reihe von Beobachtern an. Vgl. auch Bouchut, Traité des signes de la mort, 2 éd. Par. 1874.

active Contraction der Gefässmuskeln zu überwinden hat. Beim Erwachen ist es die allgemeine Einwirkung auf das Nervensystem, welche die erhöhte Reflexthätigkeit Seitens der sensiblen Nerven und damit die plötzliche Erweiterung der Pupille erklärt, nach deren allmälichem Schwinden die Reflexwirkung auf den Oculomotorius wieder in ihre Rechte tritt.

Es sei zur Vervollständigung dieser Erklärung aus der Physiologie des Schlafes [1]) beigefügt, dass dabei der arterielle Blutdruck sinkt (was eben durch Erweiterung der kleinen Arterien aus Mangel an Reiz von der Peripherie her zu erklären ist) und dass die Extremitäten blutreicher werden [2]). Wenn man an der Pia mater des Gehirns während des Schlafes Blutarmut gefunden hat, so spricht das keineswegs gegen eine gleiche Er-

---

1) Vierordt l. c.

2) Mosso, Comptes rendus, Tome 82, Nr. IV. S. 282 soll (Original war mir nicht zugänglich) vermittelst des dort beschriebenen »Plathysmographen« nach Cl. Bernard's Bericht interessante Untersuchungen über die Physiologie des Schlafes gemacht haben, welcherlei Art, ist dort nicht gesagt; leider konnte ich auch sonst Nirgends Näheres darüber finden. Hervorzuheben ist aber aus dem von Bernard Gesagten, dass z. B. die geringsten physischen Erregungen eine Volumsabnahme des Armes bedingen d. h. eine geringere Gefässfüllung in Folge Contraction der kleinen Arterien, ein Beweis, dass von solchen Erregungszuständen auf das vasomotorische Centrum ein Reiz ausgeübt wird. Ich zögere nicht, damit die Ergebnisse Foa's, dass Reizung der Gehirnoberfläche Dilatation der Pupille und Acceleration des Pulses hervorbringt, in Zusammenhang zu bringen. Nur schliesse ich daraus nicht, wie Schiff und Foa auf Sensibilität des Gehirns, sondern darauf, dass seine Erregungszustände sich auf das vasomotorische Centrum fortpflanzen und ganz in ähnlicher Weise wirken, wie die des peripheren Nervensystems.

scheinung im Gehirn, nemlich gegen gleichfallsige Erweiterung der Gefässe dortselbst, weil ja durch den Druck des vermehrten Blutgehalts auf die Gehirncapillaren sekundäre Anämie entstanden sein kann, wie das bei den eigenthümlichen Circulationsverhältnissen innerhalb der Schädelkapsel leicht möglich ist.

Die Agonie steht bezüglich der Pupillarerscheinungen mit dem Schlafe in naher Verwandtschaft; man beobachtet während derselben, besonders wenn sie eine kurze ist, und bei gewaltsamer Todesart eine bedeutende Verengerung der Pupille [1]). Im Augenblicke des Todes erweitert sie sich in hohem Grade, um nach einiger Zeit wieder zu mittlerer Weite zurückzukehren. Die Verhältnisse in der Agonie wird man sich wohl analog den Erscheinungen beim Schlafe denken dürfen: bei der allgemeinen schweren Prostration des Nervensystems hören die sensiblen Eindrücke auf, die zugehörigen Reflexe auszulösen, daher verstärkter Blutgehalt der Iris aus Mangel an Widerstand Seitens der erschlafften Gefässe. Im Augenblick des Todes, wo die Blutzufuhr zum Gehirn aufhört, hört die Thätigkeit des Oculomotorius auf, während für den nach Budge länger reizungsfähig bleibenden Sympathicus das Ausbleiben des Sauerstoffs (oder Anhäufung von Kohlensäure) als directer Reiz wirkt und Contraction der dilatirenden Elemente veranlasst, deren Resultat um so stärker zu

1) Vgl. Rüte l. c. 98. Bouchut l. c. u. du diagnostic des maladies du système nerveux, Paris 1866, Ritterich l. c. 51 ff. Ueber die Frage von Einwirkung der Todtenstarre, der Verdunstung des Kammerwassers, Adhäsion an die Linse handelt ausführlich Budge l. c. 60 ff.

Tag tritt, als ihnen bei der absoluten Ruhe des Sphincter nur geringer Widerstand entgegentritt. Dass der Oculomotorius wirklich gelähmt ist, beweist, dass Atropineinwirkung kaum Vermehrung der Mydriase hervorzurufen vermag [1]). Ist einige Stunden nach dem Tod auch die Reizbarkeit des Sympathicus erloschen, so tritt durch die Elasticität des gesammten Irisgewebes besonders aber des etwas gedehnten Sphincters und der nunmehr erschlafften Gefässwandungen wieder Verengerung auf mittlere Weite ein (nicht zu einer Enge, wie im Leben bei Aufhören der beiden antagonistisch wirkenden Kräfte, weil hier der dort wirkende dritte Faktor, die Blutbewegung mangelt). Alle übrigen nun folgenden Veränderungen sind unabhängig vom Nervensystem, der Todtenstarre, der Wasserverdunstung und andern mechanischen Verhältnissen angehörig.

d) Mydriatica und Myotica.

Es gibt die verschiedensten Gifte, welche bei innerer Anwendung als Theilerscheinung ihres Wirkens Veränderungen der Weite und Bewegung der Pupille mit sich führen, ohne dass das Letztere in allen Fällen als spezifische Wirkung des fraglichen Giftes angesehen werden könnte; in den meisten Fällen ist die Einwir-

---

1) Bouchut l. c. — Nagels J. B. IV. S. 205: Warden (Atropine asa means of diagnosting between life und death); Borelli (Giornale d'oftalmolog. ital. 1869) will in den ersten 16—24 Stunden nach 2 bis 3stündiger Anwendung des Atropin noch Dilatation erzeugt haben. Da die Wirkung des Atropin sich aber nicht auf Lähmung des Sphincters beschränkt, so liegt darin kein Beweis gegen das Obenstehende.

kung auf die automatischen Funktionen des verlängerten Marks, auf die Innervation von Athmung, Herzbewegung und Gefässtonus das Primäre, die Pupillarerscheinungen dagegen entweder Theilerscheinungen jener (z. B. Mydriasis durch gesteigerten, Myose durch verminderten Gefässtonus), oder sogar erst sekundär, besonders häufig Folge von Kohlensäurevergiftung durch Aufhebung des Athmens. So ist beispielsweise vom Strychnin nachgewiesen, dass die bei Vergiftung mit diesem Alkaloid auftretende Pupillarerweiterung auf Reizung des vasomotorischen Centrums durch Kohlensäure zurückzuführen ist, da die Verengerung der kleinen Arterien sowohl, wie die Erweiterung der Pupille nach Durchschneidung des Halsmarks ausbleibt.

Schon wegen dieser complicirten, oft noch sehr wenig gekannten und verstandenen Wirkung pflegt man diese Mittel mit Recht nicht zu denjenigen zu rechnen, welche die Physiologie und Ophthalmologie als Myotica und Mydriatica aufführt, sondern man beschränkt sich darauf, in diese Kategorie die örtlich wirkenden einzureihen, als deren bestgekannte und am Häufigsten angewandte Hauptrepräsentanten uns das Atropin und die Präparate der Calabarbohne, neuestens besonders das Eserin, entgegentreten.

---

1) Näheres s. bei Hermann, Lehrbuch der experimentellen Toxicologie, Berlin 1874. S. 313 ff. u. 117 ff. Vgl. auch Schiff, Einfluss des Strychnins auf die Pupille (Arch. f. ges. Physiologie S. 229); Beenen, Einiges über die Wirkung des Strychnins, Dissert. Greifswald 1874. Vgl. das früher über Curare Gesagte.

Die mydriatische Wirkung der Belladonna ist schon lange bekannt [1]) und im grossen Ganzen zu den alten Beobachtungen nicht viel Neues hinzugekommen. Die alte Frage, wie und wo das Atropin wirke, ist noch immer nicht sicher entschieden, den Stein des Anstosses bildet für Manchen die Nothwendigkeit, dem Gifte zwei gerade entgegengesetzte Wirkungen auf die Elemente der Iris zuzuschreiben. Dass es eine Lähmung des Sphincter bedingt, unterliegt wohl keinem Zweifel, eine andere Erklärung dafür, dass die atropinisirte Pupille auf die gewöhnlichen Reize des Lichts, der Accommodation und der Augenconvergenz keine Antwort mehr hat, ist meines Wissens nicht versucht worden. Selbst scheinbare Ausnahmen dieser Regel können sich, näher betrachtet, nicht als berechtigt halten: wenn Trautwetter [2]) am frisch getödteten Thier durch Punction der vordern Kammer starke Myose hervorrief, so beweist das keineswegs, wie Stellwag [3]) will, eine kräftige Zusammenziehung des Sphincter; auch hier wirken sicher nur mechanische Verhältnisse [4]).

Viel schwieriger zu entscheiden ist die Frage der direkt dilatirenden Wirkung des Alkaloides. Dass eine active Dilatation der Pupille durch dasselbe stattfinde, steht für jeden fest, der bei hintern Synechieen die Gewalt beocachtet hat, mit welchen diese gezerrt, in vielen Fällen zerrissen werden. Es kommt dazu, dass die atropinisirte Pupille einen bedeutend grössern Durch-

1) Seit 1776 cfr. Weber l. c. 19.
2) A. f. O. XII. 1. S. 135.
3) Stellwag l. c. 91.
4) Vgl. oben.

messer besitzt, als die amaurotische oder die durch Lähmung des Oculomotorius bedingte; schon Rüte [1]) hat die damit übereinstimmende Beobachtung gemacht, dass die mittlere Pupillenweite bei totaler Oculomotoriuslähmung unter der localen Einwirkung der Belladonna einer hochgradigeren Platz machen muss, und auch bei Thieren wird durch Trennung des Oculomotorius die Wirkung des Atropins nicht völlig paralysirt [2]).

Angesichts dieser Thatsachen dürfte es kaum genügen, mit Donders anzunehmen, dass der Unterschied zwischen normaler und aufgehobener Wirkung des Sympathicus, der Lähmung des Oculomotorius entgegen gehalten, allein es sei, der diese Differenz hervorrufe, selbst, wenn man mit mir eine beständige Reizung der Gefässnerven durch Reflexeinwirkung annimmt. Dass bei Reizung des Sympathicus noch weitere Dilatation der Pupille eintritt, spricht nicht dagegen, dass er vorher schon in Thätigkeit war, wohl aber liefert das Verhalten der Pupille bei spinaler Myose einen fast direkten Beweis, dass bei der Wirkung des Atropins active Dilatation, bedingt von Seite des Sympathicus statthat. Argyll Robertson [3]) fand bei spinaler Myose nur eine mittlere Erweiterung der Pupille mit vollkommener Unbeweglichkeit, ein Zustand, der seine Erklärung in dem Fehlen einer sonst vorhandenen activen Dilatation findet.

---

1) l. c. 100.

2) Donders l. c. 493 ff. Budge l. c. 180 ff.

3) Argyll Robertson (On the physiology on the iris, Lancet 1870, I. p. 211 ff.)

Eine Erklärung freilich zu geben dafür, dass ein und dasselbe Gift auf den Sphinkter lähmend, auf die dilatirenden Elemente reizend wirken solle, wird immerhin eine missliche Sache bleiben; am Wenigsten wird man wohl annehmen können, dass diese verschiedene Wirkung auf die Muskelelemente selbst statt habe. Dass wenigstens beim Sphincter dies nicht der Fall ist, ergibt Grünhagens [1]) Erfahrung, der am rein ausgeschnittenen Sphincter nach vorheriger Atropinisirung auf direkten Reiz mittelst Wärme und Electricität völlig normale Reaction auslöste. Auf die Gefässe wirkt Atropin allerdings direct verengernd [2]), ob aber direkt durch Reizung der contractilen Muskelelemente oder durch Nerveneinfluss, ist noch fraglich, ersteres jedenfalls fraglicher, wie letzteres.

Sehr beachtenswerth scheint mir Budge's Ansicht, der meint, dass der lebenszähere N. sympath. seinen Muskel länger gegen die giftige Wirkung schütze, wie der leichter zu ertödtende Oculomotorius (s. o.). In der That, betont man diese Thatsache von der verschiedenen Widerstandsfähigkeit der beiden Nerven, so ist es leicht, die Verschiedenheit der Wirkung des Atropins auf dieselben statt als eine generelle, nur alsgraduelle aufzufassen und damit jene lange gehegten Bedenken schwinden zu lassen. Wenn man annimmt, dass das Atropin für die peripherischen Endausbreitungen des Oculomotorius sowohl als des Sympathicus als die Erregbarkeit in erster Linie erhöhendes Mittel wirke,

1) Grünhagen und Samkowy l. c.
2) Meuriot, Centralblatt 1868 S. 378.

dass dann aber bei fortdauernder Einwirkung und wachsenden Dosen die Erregbarkeit derselben herabgesetzt werde, die des Oculomotorius aber unendlich viel früher, als die des Sympathicus, so ist kein Gegensatz mehr in dem Verhalten der beiden nervösen Apparate, es ist dasselbe bei beiden, nur bezüglich des Zeiteintritts des zweiten Stadiums zeigt sich eine Verschiedenheit. A priori kann man sicherlich gegen diese Annahme nicht viel einwenden, steht ihr doch die von Budge betonte Thatsache und eine Reihe von analogen Beispielen Seitens anderer nervöser Apparate zur Seite. Entscheidend ist, dass das Experiment seine Bestätigung zu liefern scheint: Rossbach und Fröhlich [1]), fanden bei Instillation kleinster Dosen Atropin Verengerung der Pupille, dann bei steigender Dosis Erweiterung, je nach der Dosis mit oder ohne vorhergehende deutliche Verengerung. Bei stärkern Dosen trat bloss starke Erweiterung auf, bei stärksten Dosen endlich nahm die Weite der Pupille wieder ab. Das heisst: ganz kleine Dosen Atropin wirken reizend auf den Oculomotorius, dann kommt eine Dosis, welche ihn bereits lähmt, die Sympathicusendingungen aber noch reizt und dadurch Gefässverengerung mit hochgradiger Mydriasis herbeiführt, endlich beginnt auch die Erregbarkeit des Letztern wieder herabgesetzt zu werden, die allmälich erschlaffenden Gefässe beginnen sich wieder zu füllen und durch das eindringende Blut gewinnt die Iris an Rauminhalt, die Pupille verengert sich. Fügen wir noch an, dass das Hyoscyamin, ein anderes Mydriaticum,

1) Rossbach und Fröhlich, über die physiologische Wirkung von Atropin und Physostigenie, nach Nagels J. B. IV. 129.

welches jedoch weit stärker wirkt, den Umschlag der höchsten Mydriasis in allmäliges Engerwerden zugleich mit hyperämischen Erscheinungen in der Conjunctiva und im Bulbus gleichfalls hervorruft, nur viel rascher als das Atropin, so möchte die eben ausgesprochene Ansicht auch hierin eine Stütze gefunden haben. —

Bekanntlich wirkt Instillation von Eserin in den Conjunctivalsack, wie die Anwendung anderer Präparate der faba calabarica, des Extracts, des Papiers etc. in entgegengesetzter Weise wie das Atropin, ohne Zweifel ebenfalls durch Einwirkung auf die peripherischen Ausbreitungen der Innervationsbahnen für die Iris [1]). Der gleichzeitige Krampf des Accommodationsmuskels weist unzweifelhaft darauf hin, dass es sich um Reizzustände im Bereiche des Oculomotorius handelt und dass es die Contraction des Sphincter ist, welche die Myose bedingt. Noch eine eigene, erschlaffende Wirkung auf die Gefässmuskeln anzunehmen oder auf deren Nerven, wodurch eine erhöhte Blutfüllung zu Stande kommen soll, ist ganz unnöthig, da ja bei jeder Verengerung der Pupille das letztere auf rein mechanischem Wege zu Stande kommt. Dass jedenfalls keine völlige Lähmung und Leitungsunfähigkeit in den sympathischen Fasern besteht, zeigt, dass Durchschneidung des Sympathicus die calabarisirte Pupille noch mehr verengt, seine Reizung hingegen dieselbe erweitert [2]). Der Umstand allein, dass die Accommo-

1) Dass sowohl Atropin, als Physostigenie vom Conjunctivalsack aus bis zur Iris gelangen, haben für Atropin Gräfe u. Donders (l. c. 495), für Calabar Rüte (Archiv f. Heilkunde V. 2. 174) nachgewiesen.

2) Donders l. c. 520.

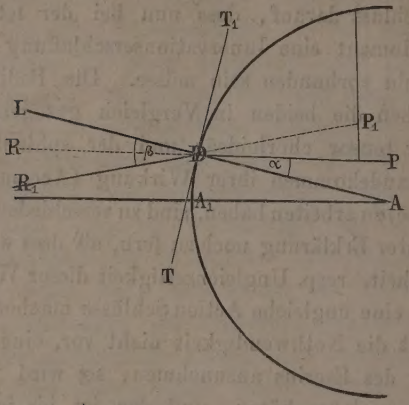
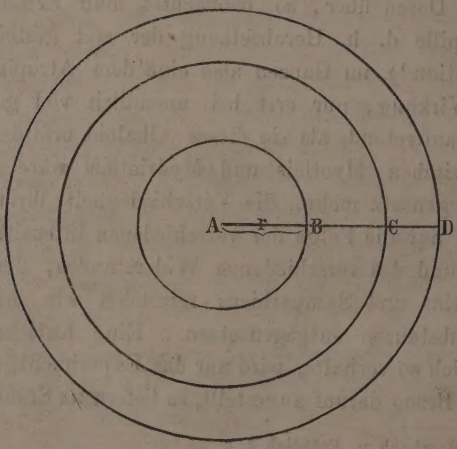
dationsspannung langsamer eintritt, aber bälder wieder verschwindet, wie die Pupillarveränderung, gestattet keinen Schluss darauf, dass nun bei der letztern als zweites Moment eine Innervationserschlaffung der Gefässmuskeln vorhanden sein müsse. Die Bedingungen, mit welchen die beiden in Vergleich gezogenen Muskeln, der tensor chorioideae und der sphincter iridis, zum Zustandekommen ihrer Wirkung (Accommodation und Myose) zu arbeiten haben, sind zu verschieden und wir stehen ihrer Erklärung noch zu fern, als dass wir aus der Ungleichheit, resp. Ungleichzeitigkeit dieser Wirkungen auch auf eine ungleiche Action Schlüsse machen dürften.

Liegt die Nothwendigkeit nicht vor, eine doppelte Wirkung des Eserius anzunehmen, so wird man sich gewiss gern davor hüten, und das ist bis jetzt, dem Angeführten zu Folge, wohl möglich. Es wirkt einfach reizend auf die Enden des Oculomotorius, geht man zu grossen Dosen über, so beobachtet man Erweiterung der Pupille d. h. Herabsetzung der erst gesteigerten Innervation [1]), im Ganzen also eine dem Atropin analoge Wirkung, nur erst bei unendlich viel grössern Gaben auftretend, als sie dieses Alkaloid erfordert.

Zwischen Myoticis und Mydriaticis wäre sonach kein Gegensatz mehr, die Verschiedenheit ihrer Wirkungen nur die Folge der verschiedenen Intensität derselben und des verschiedenen Widerstandes, den Oculomotorius und Sympathicus reizenden wie ertödtenden Substanzen entgegensetzen. Eine Entscheidung, ob es sich so verhalte, wird nur das Experiment, mit directem Bezug darauf angestellt, zu liefern im Stande sein.

1) Rossbach u. Fröhlich l. c.

Figur Nro. I. ad pag. 9.



Figur Nro. II. ad pag. 22. Anm. 2.